

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

CINQUIÈME SÉRIE

TOME QUATORZIÈME

FASCICULE 7-8-9

Feuilles 20 à 29 — Planches V-VIII

31 figures dans le texte

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72
Téléph. : DANTON 90-61

1944

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Établissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin**.

Le service de la **Bibliographie des Sciences géologiques** n'est fait qu'aux membres qui envoient 50 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 300 fr.).

Ils peuvent *acheter* à la Société : 1° avec une remise de 50 %, les **Comptes rendus et les Bulletins** (400 fr. l'année), la **Bibliographie** (200 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 %, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (300 fr., étr. 350) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 200 francs par an.

Membres à vie

Membres à perpétuité

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VI^e.

- DANGEARD Louis et BATARD Ch. — Sur les poudingues intercalés dans les schistes briovériens, au Nord des Coëvrons (Mayenne et Sarthe), et sur la nature des mouvements cadomiens. *CR. Ac. Sc.*, t. 200, p. 2199, 1935.
- FAURE-MURET Anne. — L'Age du granite de Lanvaux. *CR. Ac. Sc.*, t. 217, p. 607, 1943.
- GLANGEAUD L. — Transport et sédimentation dans l'estuaire et l'embouchure de la Gironde. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (5), t. VIII, p. 599, 1938.
- Corrélation statistique, classification et hiérarchie des facteurs intervenant dans la formation des sédiments. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (5), t. XI, p. 371, 1941.
- JUNG J. — Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace et Lorraine*, n° 2, 1928.
- et ROQUES M. — Les zones d'isométamorphisme dans le terrain cristallophyllien du Massif Central français. *Rev. des Sc. Nat. d'Auvergne*, t. 1, fasc. 4, 1936.
- — avec la collaboration de RICHARD J. — Les schistes cristallins du Massif Central. *Bull. Carte géol. de France*, n° 197, t. XXXIX, 1938.
- KERFORNE F. — Sur un faciès argileux de l'Ordovicien inférieur en Bretagne. *CR. Ac. Sc.*, t. 154, p. 1648-1650, 1912.
- Sur la position systématique des couches de fer de l'Ordovicien inférieur de la région de Chateaubriant. *CR. Ac. Sc.*, t. 160, p. 759-760, 1914.
- Étude tectonique de la région silurienne du Sud de Rennes (Nappe de la Vilaine). *Bull. Carte géol. de France*, n° 139, t. XXIII, p. 125-162, 1919.
- Les gisements minéralisés de la Chapelle Saint-Mélaine (I.-et-V.). *Bull. Soc. Géol. Min. Br.*, t. III, fasc. 1, p. 23-29, 1922.
- Étude stratigraphique et tectonique de la région de Renac (I.-et-V.). *Ibid.*, t. III, fasc. 2, p. 151-175, 1922.
- LAPPARENT A. DE. — *Traité de Géologie*, 5^e éd., 1906.
- LAPPARENT J. DE. — Étude comparative de quelques porphyroïdes français, *B. S. F. Min.*, t. XXXII, p. 174, 1909.
- Logique des minéraux du granite. *Rev. Scientifique*, mai-juin 1941, n°s 5 et 6, 76^e année, p. 285-292, 1941.
- LAPWORTH. — *Nature*, XXXII, p. 553, 1885.
- LUCAS G. — Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sidi el Abed (frontière algéro-marocaine). Thèse 1942.
- MAZÈRES R. — La bande silurienne de Malestroit. *Bull. S. G. M. Br.*, t. 1, p. 281, 1931.
- MILON Y. — Notes géologiques sur les environs de Candé (M.-et-L.) et de Saint-Julien-de-Vouvantes (L.-Inf.). *B. S. G. M. Br.*, t. VI, fasc. I, p. 64, 1925.
- PÉNEAU J. — Recherches stratigraphiques et paléontologiques dans le Sud-Est du Massif armoricain. Thèse 1925.
- Découverte en Loire-Inférieure d'une faune de Graptolithes du Silurien inférieur. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, Nantes, Compte rendu des Séances, 6 nov. 1924, p. xv, 1925.

- RAGUIN E. — Au sujet de divers genres de mylonites granitiques. *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 161, t. XXIX, 1925-1926.
- M^{me} RECH-FROLLO. — Thèse inédite sur la Géologie et la Pétrographie d'une partie des Karpathes roumaines.
- ROQUES, M. — Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central français. *Mém. Carte géol. Fr.*, 1941.
- SUJKOSWKI Zb. — Les séries de Szopot dans les Karpathes polonaises orientales. *Trav. Serv. Géol. Pologne*, III, 2, 1938.
- TERCIER Jean. — Dépôts marins actuels et séries géologiques. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, vol. 32, n° 1, p. 47, 1939.
- TERMIER P. — Sur les granites, les gneiss et les porphyres écrasés de l'île d'Elbe. *C.R. Ac. Sc.*, t. 148, p. 1441, 1909.
-

ROCHES GRÉSEUSES A CIMENT CALCAIRE DU STAMPIEN. ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE.

PAR H. Alimen ¹.

PLANCHES V ET VI.

Le terme de « grès stampien » éveille immédiatement la vision des beaux affleurements gréseux qui couronnent les sables de Fontainebleau, et que l'érosion, en maints endroits, a transformés en pittoresques entassements de blocs éboulés à flanc de coteau. Ces grès, localisés topographiquement selon des bandes WNW-ESE, localisés stratigraphiquement au sommet du Stampien, sont dus, comme je l'ai montré ailleurs ², à la consolidation du sable dans le sommet des dunes installées sur le Bassin de Paris à la phase d'émersion du Stampien terminal. Le ciment de ces grès est essentiellement siliceux, accessoirement ferrugineux ou manganésifère, jamais calcaire. Leur type peut être pris dans la Forêt de Fontainebleau.

D'autres grès de même nature et de même origine, mais beaucoup moins développés, liés aussi à des émergences, s'observent à d'autres niveaux : au sein du Stampien inférieur à Corneilles-en-Parisis, Romainville, Montmartre ; au sommet du Stampien inférieur à Vauroux, Vaudouleurs (environ d'Étampes).

Il existe d'autres formes de consolidation des sables stampiens, où le ciment est calcaire. Ce sont ces roches qui font l'objet de cette étude. Selon la proportion relative des grains de quartz et de la gangue calcaire, je distinguerai, à la suite de L. Cayeux, des calcaires gréseux (si le ciment prédomine sur les grains de quartz), des grès calcaires proprement dits (si c'est l'inverse), des mollasses.

Je grouperai les types étudiés d'après leur position stratigraphique. Les grès calcaires de la base du Stampien ont été désignés sous le nom de Mollasses (Mollasses d'Étréchy, Mollasses décrites dans les Marnes à Huîtres) ; d'autres grès calcaires s'observent de part et d'autre de la limite Stampien inférieur-

1. Note présentée à la séance du 6 novembre 1944.

2. H. ALIMEN. Étude sur le Stampien du Bassin de Paris, *Mém. S. G. F.*, n° 31, 1936, p. 231 à 238 et 193 à 221, pl. IV.

Stampien supérieur, dans la région de Nemours, intercalés dans les sables, d'autres à l'extrême sommet des sables du Stampien supérieur (région d'Étampes, de Maintenon) ; d'autres enfin, dans la région de Château-Landon, constituent la presque totalité du Stampien supérieur, dont l'épaisseur est là extrêmement réduite.

Le cas des « grès cristallisés » sera ensuite envisagé : *c'est le seul cas de grès calcaire stampien qui ait jamais été signalé jusqu'ici.*

PREMIÈRE PARTIE.

DIVERS TYPES DE ROCHES GRÉSEUSES A CIMENT CALCAIRE DU STAMPIEN (ÉTUDE RÉGIONALE).

1) Les « Mollasses » du Stampien inférieur.

Les niveaux consolidés à ciment calcaire de la base du Stampien s'observent soit dans la région d'Étampes, soit dans la région parisienne immédiate. Ils font la transition entre la sédimentation sannoisienne, lacustre, calcaire (Calcaire de Brie), et la sédimentation marine, purement sableuse du Stampien (Sables d'Étampes, Sables de Fontenay).

A cause de la discussion à laquelle les « Mollasses » du Stampien vont nous entraîner, il est nécessaire de préciser la définition de ces roches. Le terme de mollasse, créé par Brongniart en 1827, a été appliqué à des roches très diverses. J'adopterai la définition que donne L. Cayeux pour les mollasses typiques ¹ : « Grès grossier, presque toujours rugueux au toucher, d'aspect très mat... *Faiblement consolidé*, généralement très poreux... *Roche très feldspathique*, plus ou moins micacée, chloriteuse, *glauconieuse lorsqu'elle est d'origine marine*, et renfermant ou non des débris de roches cristallophylliennes. Toujours dépourvue d'organismes, sauf dans les variétés marines où ils ne sont rien moins que très rares... Gangue calcaire, ne faisant à l'argile qu'une place très négligeable... En somme *grès feldspathique à ciment calcaire.* »

L. Cayeux dit ailleurs ² que le *quartz* est toujours le minéral prépondérant, que le *feldspath* existe toujours, généralement décomposé (c'est lui qui est l'élément caractéristique des mollasses) ; on trouve en outre des *micas détritiques*, des *minéraux lourds*, de la *glauconie* dans les types marins. Le ciment est essentiellement la *calcite*, laissant des vides qui donnent aux mollasses leur porosité.

1. L. CAYEUX, Roches siliceuses, *Mém. Carte géol. de France*, Paris, 1929, p. 166.

2. L. CAYEUX. *Op. cit.*, p. 164, 165.

Sans en donner de description détaillée, L. Cayeux indique que la Mollasse d'Étréchy est un des rares, mais authentiques représentants du groupe dans le Bassin de Paris.

Calcaire grossier d'Étréchy, dit « Mollasse d'Étréchy ».

(Planche V, fig. 1). Étréchy (région d'Étampes).

Le Stampien débute aux environs d'Étampes par une couche signalée par J. Lambert en 1880, présentée d'abord par lui comme un grès tendre ¹. Désignée sous le nom de *Mollasse* par le même auteur l'année suivante ², cette formation est devenue classique sous le nom de *Mollasse d'Étréchy*. Lambert reprenant en 1884 l'étude de la région d'Étampes en collaboration avec M. Cossmann, conserve le terme de mollasse, et définit l'assise comme formée « de grès calcarifères tendres avec marnes », où « la plupart des espèces ne sont conservées qu'à l'état de moules et d'empreintes ³ ».

Cette assise, parfois tendre d'après Cossmann et Lambert, dure partout où je l'ai observée, a été et reste exploitée pour moellons. Les échantillons étudiés ici proviennent de Chagrenon, à 1 km au N d'Auvers-Saint-Georges. J'ai recueilli la même roche à Morigny (extraite lors de la confection d'un puits ⁴) et à Auvers-Saint-Georges, où elle est directement subordonnée au falun d'Auvers-Saint-Georges ⁵.

Macroscopiquement cette roche se présente avec un aspect de calcaire grossier, très riche en moules externes et internes de fossiles.

En plaque mince (pl. V, fig. 1), elle montre de très nombreux fossiles microscopiques, étant remarquable à la fois par la richesse des formes de microorganismes et par l'abondance des individus.

Les minéraux sont des grains de *quartz* (Q), peu nombreux, de petite taille ⁶. Les *feldspaths* sont à l'état de rareté. Je n'ai

1. J. LAMBERT et St. MEUNIER. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur les sables marins de Pierrefitte, près d'Étampes, *Nouv. Arch. du Muséum* (2), t. III, 1880, p. 265.

2. J. LAMBERT. Les sables d'Étampes, *B. S. G. F.*, (3), t. IX, 1881, p. 501.

3. M. COSSMANN et J. LAMBERT. Étude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin aux environs d'Étampes, *Mém. S. G. F.*, 3^e série, t. III, 1884, p. 7.

4. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 16, 17, 19.

5. Cette observation, postérieure à la publication de ma thèse, confirme l'assimilation du falun d'Auvers-Saint-Georges à celui de Jeurre, que j'avais alors fondée uniquement sur des raisons paléontologiques. (H. ALIMEN, *op. cit.*, p. 19 et 38-45).

6. Il y a plus de quartz dans un Calcaire à Miliolites lutétien d'Arcueil ou dans un Calcaire à *Nammulites levigatus* de Pont-Sainte-Maxence, que dans la Mollasse de Chagrenon.

observé que trois feldspaths, l'un un plagioclase très frais, les deux autres très décomposés, en trois plaques minces examinées. Le mica est également rarissime (une paillette de muscovite). Je n'ai pas rencontré de glauconie dans cette roche marine.

Le *ciment* est de la calcite bien cristallisée, quoique en petits cristaux (C_1), enrobant des plages de calcaire amorphe ou du moins cryptocristallin, souvent taché d'oxyde de fer (C_4) ; il présente de nombreux vides (F).

Ce dernier caractère est le seul qui rapproche cette roche des mollasses. *La roche d'Étréchy n'est pas une mollasse*. Macroscopiquement elle n'a pas l'aspect mat dû aux feldspaths altérés. Elle n'est pas faiblement consolidée, mais dure, du moins dans les échantillons étudiés. Microscopiquement elle se montre dépourvue ou presque de feldspath, de mica, de chlorite, de glauconie.

Ce n'est même pas un grès : c'est un calcaire grossier, tout au plus en certaines plages, un calcaire gréseux. Il me semble qu'il convient d'abandonner la dénomination de Mollasse d'Étréchy pour celle de *Calcaire grossier d'Étréchy*.

Calcaire à Miliolites de Fresnes, dit « Mollasse » de Fresnes.

Fresnes-lès-Rungis (Feuille de Melun, au SE de Sceaux).

La base du Stampien est constituée à Fresnes par des assises calcaires décrites par St. Meunier¹, et qu'on a pu observer longtemps dans les carrières de la Croix de Fresnes. Au-dessus des Marnes vertes et de la Meulière de Brie, venait un complexe de Marnes jaunes et de calcaire à Miliolites, surmonté par les Marnes brunes à *Ostrea longirostris*. C'est un des exemples de ces roches calcaires dénommées « mollasses », incluses dans le complexe des Marnes à Huîtres du centre du Bassin de Paris.

Macroscopiquement la roche se présente comme un calcaire à grain fin, très riche en Miliolites. On y voit les moules internes de quelques fossiles, notamment des *Corbulomya triangularis*, *Natica achatensis*.

En plaque mince, cette roche montre très peu de quartz, si peu qu'on ne pourra même pas la regarder comme un calcaire gréseux, les autres minéraux sont très rares (feldspaths).

Le ciment est fait de calcite microcristalline, avec un développement cristallin moins beau en général que dans la roche d'Étréchy, mais la gangue est plus homogène : on n'y observe pas les

¹ ST. MEUNIER. Sur les Marnes à Huîtres de Fresnes-lès-Rungis, *CR. Ac. Sc.* t. LXXVII, 1873, p. 1382.

noyaux amorphes de la roche précédente. De nombreux vides sont disséminés un peu partout. Cependant certains échantillons ont une gangue aussi bien cristallisée qu'à Étréchy, avec peu de vides.

La roche est pétrie de Miliolles, mais ne renferme que peu d'autres microorganismes, et par ce caractère elle s'oppose à la roche d'Étréchy, aux espèces microscopiques variées. Cette roche mérite le nom de *Calcaire à Miliolles de Fresnes*.

Calcaire gréseux à Foraminifères de Montjavoult.

Montjavoult (feuille de Rouen, partie Est).

Je rattache avec un certain doute cette formation au Stampien inférieur. Elle s'éloigne notablement des précédentes. Le calcaire gréseux de Montjavoult forme actuellement une assise démantelée, éparse à la surface des sables de la Butte de Montjavoult, avec des fragments de Meulière de Beauce. Il constitue un type très éloigné du type habituel des grès stampiens. Il est très riche en fossiles macroscopiques : *Natica crassatina*, *Cerithium conjunctum*, *C. plicatum*, etc. Il est très chargé en calcaire.

Il est difficile de préciser la position stratigraphique exacte de ce banc calcaire, étant donné la réduction d'épaisseur des sables de la Butte de Montjavoult (10 m, tandis que la Butte voisine de Sérans, située au SE de la première, a encore 30 m de sable). Mais l'érosion a dû contribuer à cette réduction : il semble bien que le Calcaire gréseux de Montjavoult ait été recouvert par d'autres formations stampiennes, car ce calcaire se présente en gros fragments roulés. Montjavoult est le témoin le plus occidental des formations stampiennes du Bassin de Paris¹.

Les grains de quartz sont peu nombreux, de petite taille (100 μ). Je n'y ai pas observé d'autres minéraux.

Le ciment est un calcaire assez largement cristallisé en calcite. Il reste cependant des parties amorphes ou cryptocristallines, constituant surtout les moules internes des fossiles macroscopiques. Les microorganismes pullulent.

Nous avons affaire ici à un *calcaire gréseux organique*, voisin d'un vrai calcaire.

2) Zone de passage du Stampien inférieur au Stampien supérieur dans la région de Nemours.

Aux abords de Nemours le Stampien a un développement normal (35 m à Darvault, 30 m au N de Poligny). Le Stampien

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 178-180 et p. 237.

inférieur et le Stampien supérieur, en majeure partie sableux, sont séparés par des couches complexes, gréseuses ou calcaires, situées vers 110 m d'altitude, où s'intercale par endroit, à Darvault notamment, un horizon lacustre. C'est le *complexe de 110 m*, que j'ai regardé pour des raisons paléontologiques, comme faisant le passage entre les deux horizons du Stampien.

Ce sont des accidents calcaires de ce niveau que nous étudierons en trois points, étagés du Nord au Sud aux environs de Nemours : à Darvault, aux Palis, à Poligny (les Brûlis). *Les uns lacustres, les autres marins, ils restent tous stratigraphiquement liés à la sédimentation du Calcaire lacustre de Darvault.*

Calcaire gréseux lacustre de Darvault (Planche V, fig. 2).
Darvault (3 km à l'E de Nemours).

Aux environs de Darvault, à la montée de la Barrande, par le chemin dit des Vaches, on voit affleurer de deux côtés de la route, sur 1 m 50 à 2 m d'épaisseur, le complexe qui correspond au lacustre de 110 m, et dont j'ai donné ainsi le détail¹ :

- | | |
|--|----------------|
| 5. Sable | } quelques cm. |
| 4. Calcaire blanc lacustre compact | |
| 3. Grès calcaireux tendre à <i>Cerithium</i> | |
| 2. Sable jaune | |
| 1. Calcaire gréseux lacustre..... | 1 m 50 |

L'échantillon étudié ici au point de vue pétrographique provient du calcaire gréseux lacustre (n° 1 de cette coupe).

Les grains de *quartz* y sont assez abondants, de tailles très diverses. La dimension la plus fréquente est de 150 à 200 μ . On trouve tous les intermédiaires jusqu'aux plus grands, qui sont de forme ovoïde et mesurent jusqu'à 200 et 400 μ (Q_1). Les grains de *quartz* ont la prédominance sur la gangue en certaines plages ; en d'autres c'est l'inverse. Quelques parties constituent donc un grès calcaire, tandis que d'autres font le passage au calcaire gréseux. Il y a des *feldspaths* très rares, de la *tourmaline*, de la *staurotide*, très rares également.

Le *ciment* est du carbonate de calcium à peine cristallisé. Certaines plaques minces montrent un ciment presque amorphe (C_1), parfois cryptocristallin (C_2), microcristallin cependant dans de minces liserés en bordure des grains de quartz (L) (*calcaire gréseux*). D'autres préparations contiennent un ciment de calcite

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 421. (Coupe étudiée antérieurement par Hamelin Courty, Dollfus, G. Denizot.)

microcristalline, avec des auréoles de plus gros cristaux ceinturant les grains de quartz. Ce sont celles où les grains de quartz sont plus abondants (*grès calcaires*). Il y a passage brusque, sur une même plaque mince, du grès calcaire à ciment bien cristallisé, au calcaire gréseux à ciment presque amorphe.

Il n'y a *pas d'organismes* ; peut-être cependant faut-il leur attribuer quelques traces indéterminables.

On peut noter comme particularité de cette roche, l'existence de gros grains de quartz sphériques ou ovoïdes (Q_1), qui pourraient avoir une origine éolienne. L'émersion de la région de Nemours au sommet du Stampien inférieur n'a été que partielle, des sables émergés voisinaient avec des lacs et ont pu leur fournir un apport éolien de grains de quartz.

Le *Calcaire lacustre de Darvault* est un *calcaire gréseux*, passant à un *grès calcaire*, à peu près azoïque.

Grès calcaire fossilifère marin des Palis.

Les Palis (au N de la route de Nemours à Sens).

Le complexe de 110 m est particulièrement instructif aux Palis. On y observe une curieuse intrication des faciès sableux, gréseux, calcaire, des faciès lacustre et marin, l'ensemble étant épais de 2 m environ. L'échantillon étudié provient d'un niveau gréseux marin fossilifère ¹.

Comme la roche de Darvault, celle-ci, par les proportions relatives des grains de quartz et du ciment, se situe à la limite des *calcaires gréseux* et des *grès calcaires*. En moyenne cependant la roche est plus riche en quartz que le Calcaire gréseux de Darvault. Comme dans celui-ci et plus encore, il convient de noter la présence de grains de quartz dont la très grande taille (plus de 500 μ), dépasse de beaucoup les dimensions de la majorité des grains (175 μ). Leur forme arrondie fait encore sentir un apport éolien probable.

Le *ciment* comprend des parties vraiment amorphes, et des parties cristallines à gros cristaux de calcite ; on y voit des vides.

A la différence de la roche de Darvault, à peu près azoïque, la roche des Palis est riche en fossiles. J'ai donné antérieurement la liste des fossiles macroscopiques que j'y ai déterminés sur des contre-empreintes. Les micro-organismes y sont assez nombreux.

La roche des Palis est un *grès calcaire marin fossilifère*.

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 122, fig. 19 (coupe détaillée de ce complexe de 110 m) et p. 126 (coupe antérieurement étudiée par G. Denizot).

Grès calcaire marin de Poligny (sablière des Brûlis).

(Pl. VI, fig. 1). Les Brûlis, Route de Nemours à Poligny.

Trois niveaux consolidés sont intercalés dans les sables de Poligny, à 112 m, 117 m, 122 m. Le niveau inférieur de 112 m peut être parallélisé avec le Calcaire lacustre de Darvault de 110 m, le faciès lithologique est celui d'un calcaire lacustre, mais la faune est ici marine. Des poches de sable non consolidé, riches en fossiles, sont englobées dans le grès, lui-même fossilifère¹. C'est un fragment de ce grès qui est étudié ici.

La roche se montre plus riche en *quartz* que dans les localités précédentes : nous sommes nettement en présence d'un grès qui ne peut plus se confondre avec un calcaire gréseux. Le ciment ne joue plus qu'un rôle réduit. Les plus gros grains de quartz (Q_1) ici aussi ont 300 à 500 μ . Les moyens qui sont la majorité (Q_2), ont environ 200 μ . Les plus gros sont pour la plupart arrondis, ovoïdes, sans arêtes ni irrégularités. Les moyens et les petits sont irréguliers et anguleux.

Le *ciment* ressemble à celui du Calcaire de Darvault, avec cependant une tendance beaucoup plus marquée à la cristallisation. Certaines plages restent cryptocristallines (C_1), mais d'autres sont microcristallines (C_2), et en certains points même il y a un beau développement d'assez grands cristaux de calcite.

Les organismes ne sont pas très nombreux dans une gangue elle-même très réduite (P).

A Poligny, le faciès lacustre de Darvault a cédé la place à un faciès marin, et le calcaire gréseux est remplacé par un *grès calcaire*.

3) Les calcaires gréseux du Stampien supérieur.

Les calcaires gréseux du Stampien supérieur, étudiés ici, se répartissent en deux groupes. Un premier ensemble (Vauvert, Gas) correspond à des régions à Stampien supérieur normalement développé et sableux. A Vauvert (région d'Étampes), le Stampien supérieur, épais d'une dizaine de mètres, contient, vers sa partie supérieure, une barre de grès siliceux du type grès de Fontainebleau. Le calcaire gréseux étudié est indépendant de cette barre, d'un niveau supérieur au sien, et se trouve en lits minces, dans les couches marneuses qui font le passage au Calcaire lacustre d'Étampes. Gas est dans la région d'Épernon-Maintenon,

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 124, pl. V, fig. 2 (travaux antérieurs de G. Denizot).

région de rivages stampiens, où le Stampien supérieur existe seul, épais d'une dizaine de mètres. Il est constitué, comme à Vauvert, par des sables. La petite assise à ciment calcaire les couronne, et de même qu'à Vauvert, *se trouve dans les couches faisant le passage au lacustre supérieur.*

Le second ensemble provient de la région de Château-Landon. Là les formations stampiennes sont réduites en épaisseur ; moins de 10 m au Coudrai, nettement moins plus au Sud, à Butteau et Château-Landon. Le Stampien supérieur seul est représenté. Le faciès n'est plus le faciès sableux habituel, mais principalement un faciès consolidé, riche en calcaire. *C'est une zone de rivages, bordée au Sud par une région lacustre, à sédimentation calcaire.* Une intrication des deux faciès (calcaire marin, calcaire lacustre) s'observe d'ailleurs un peu plus au Sud, à Passard.

Calcaire gréseux à Cerithium Lamarcki de Vauvert.

Vauvert (au S d'Étampes, rive gauche de la Juine, aux environs d'Ormoy).

J'ai recueilli en ce point, dans des exploitations depuis longtemps abandonnées, un échantillon de calcaire gréseux à *Cerithium Lamarcki*, *Hydrobia Dubuissoni* et *Chara*. Ce calcaire se trouve dans les marnes qui surmontent la table gréseuse du sommet du Stampien, couches laguno-lacustres équivalentes des couches lagunaires reposant à Ormoy sur le Falun d'Ormoy. Elles font le passage au Calcaire lacustre d'Étampes qui leur succède¹.

Les grains de quartz sont distants les uns des autres, très éloignés en général, toutefois leur densité est très variable dans une même plaque mince. En général, le développement du ciment est supérieur à celui des quartz, il y a même de larges plages de ciment sans quartz. La roche entre dans la catégorie des calcaires gréseux.

Les dimensions des grains de quartz sont assez constantes. Les plus gros ont en général 200 à 250 μ , exceptionnellement 400 à 500 μ ; les dimensions dominantes sont aux environs de 200 μ . Les minéraux autres que le quartz sont peu représentés : feldspath (probablement albite), tourmaline.

Le ciment est un calcaire continu, homogène, fin, à peine cryptocristallin, manifestant en quelques endroits une tendance à la cristallisation en microcristaux.

Il n'y a à peu près pas de microorganismes déterminables,

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 83.

mais seulement de petits éléments courbes, fins, fossilisés en calcite microgrenue, très nombreux, de petite taille (150 à 175 μ).

Nous nous trouvons en présence d'une roche très voisine d'un calcaire lacustre, dont le ciment possède une très grande analogie avec celui du Calcaire d'Étampes, mais que la présence de grains de quartz classe comme : *calcaire gréseux* (*Calcaire gréseux à Cerithium Lamarcki de Vauvert*).

Calcaire gréseux à Cerithium Lamarcki de Gas.

Gas, près de Maintenon.

En cette localité on observe, au sommet d'une dizaine de mètres de sables du Stampien supérieur, des argiles coupées de lits sableux, au sein desquelles, comme à Vauvert, se trouve une tablette de calcaire gréseux portant de très belles empreintes de *Cerithium Lamarcki* et d'*Hydrobia Dubuissoni*. J'ai montré que ces plaquettes gréseuses à Gas et à Maintenon sont l'équivalent des marnes lagunaires qui, à Ormoy, surmontent le Falun et font le passage au Calcaire d'Étampes. Elles sont donc bien la réplique de celles de Vauvert¹.

L'aspect en plaque mince est très voisin : même irrégularité dans la répartition des grains de *quartz*, même prédominance, en moyenne, de la gangue. Là où les grains de quartz sont en amas, on pourrait parler de grès calcaire ; ailleurs il s'agit d'un vrai calcaire, avec rares grains de quartz. En moyenne comme à Vauvert, la roche mérite le nom de *calcaire gréseux*. Les grains de quartz sont particulièrement petits, de dimensions peu variées (50 à 100 μ).

Le *ciment* est de même très semblable à celui de Vauvert ; c'est un calcaire d'apparence amorphe, avec une tendance un peu plus poussée à la cristallisation qu'à Vauvert : le fond de la gangue est plus microcristallin, il y a même quelques plages de calcite en cristaux bien individualisés, mais sporadiques.

Les traces d'organismes se révèlent au microscope très nombreuses, mais difficiles à identifier. On y retrouve les petits éléments courbes ou rectilignes de 150 μ environ que j'ai signalés plus haut dans le calcaire gréseux de Vauvert, et qui accentuent la parenté des deux roches. Ils sont ici moins nombreux.

En somme cette roche est, par sa situation stratigraphique, comme par ses caractères pétrographiques, comparable de façon frappante à celle de Vauvert ; elle s'apparente comme elle, par

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 183. Observations antérieures de Dollfus.

son ciment, au calcaire lacustre supérieur. Il convient de la désigner sous le nom de *Calcaire gréseux à Cerithium Lamarcki de Gas*.

Calcaire gréseux fossilifère du Coudrai.

Le Coudrai (rive droite du Loing, latitude de la Madeleine).

La roche étudiée appartient à l'assise de calcaire gréseux à fossiles marins, épaisse de 1 m 20, par laquelle débute le Stampien de cette région ¹. Au-dessus viennent une marne sableuse et un sable calcareux, l'ensemble de ce Stampien marin étant épais d'environ 3 m. Les fossiles macroscopiques indiquent sans ambiguïté le Stampien supérieur.

Cette roche diffère tout à fait des deux précédentes par sa richesse en organismes. Elle s'apparente, à ce point de vue, avec les faciès de la base du Stampien inférieur.

C'est un calcaire pauvre en *quartz*, une roche se plaçant à la limite des calcaires gréseux et des calcaires. On y voit quelques gros grains de quartz (400 et 700 μ), les moyens sont de 200 μ environ.

Le *ciment* est très recristallisé en calcite à cristaux assez grands, mais des parties tout à fait amorphes persistent dans la gangue.

Les microorganismes pullulent: les Miliolés y sont rares, mais les Foraminifères à enroulement de Rotalidés abondent.

Je désignerai cette roche, vraiment caractérisée par la richesse de sa faune microscopique, sous le nom de *Calcaire gréseux fossilifère du Coudrai*.

Calcaire gréseux marin de Butteau (Planche VI, fig. 2).

Butteau (à l'E de Château-Landon, plus au S que le Coudrai).

Ici aussi le Stampien est fort peu épais. Au point 103 de la Route de Château-Landon à Mondreville, s'observe un calcaire à apparence de calcaire lacustre, passant latéralement à un grès calcaire. Les deux faciès contiennent des fossiles marins du Stampien supérieur ². Les niveaux sableux sont ici très réduits.

Les grains de *quartz*, très irrégulièrement répartis, font cependant de cette roche un *calcaire gréseux*. Les plus gros grains de quartz atteignent 500 μ et sont assez communs (Q_1). Les moyens ont de 250 à 300 μ .

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 131, 132. Point étudié antérieurement par St. Meunier, G. F. Dollfus, G. Denizot.

2. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 134. Travaux antérieurs de Huot, Sénarmont, C. Prevost.

Le ciment est microscristallin dans l'ensemble (C_2 , C_3), avec des enclaves amorphes (C_1), et avec, dans un réseau de fentes (F), un développement de calcite qui peut être très beau (grands cristaux de 1 mm, aux belles teintes de polarisation (C_4). Les minéraux accessoires sont faiblement représentés (tourmaline). Il y a quelques microorganismes assez rares (P).

La roche de Butteau est un *calcaire gréseux marin* dont la faune microscopique est pauvre.

Calcaire gréseux fossilifère marin et calcaire marin de Château-Landon.

Le Stampien est ici réduit à une mince assise de calcaire marin, riche en fossiles qui indiquent la base du Stampien supérieur¹. J'ai recueilli fossiles et roche au point signalé par les auteurs, bien que l'ancienne carrière ait cessé depuis longtemps d'être exploitée.

Trois plaques présentent des caractères différents. Deux d'entre elles montrent un *calcaire gréseux*, riche en grains de *quartz*, dont les dimensions sont aux alentours de 300 μ pour les plus gros, de 200 μ pour les moyens. L'une de ces deux préparations contient un ciment très largement cristallisé en calcite (cristaux de calcite de la taille des quartz), avec des vides très importants. Il reste cependant des portions de gangue amorphe. Il y a passage brusque des parties cristallisées aux parties amorphes. Les fragments de gros fossiles sont très nombreux (Lamellibranches, Gastéropodes), mais *les microfossiles sont absents*.

La seconde préparation montre un ciment où les parties cryptocristallines sont beaucoup plus développées, occupant une surface plus grande que les veines à gros cristaux de calcite. Les vides y sont moins importants, il y a quelques fossiles microscopiques, très rares et mal conservés.

Une troisième plaque mince est très différente des deux précédentes. C'est un calcaire, sans quartz, à ciment presque totalement amorphe, sans fossiles, très monotone, contenant cependant quelques filonnets ou plages de calcite microcristalline ou à cristaux moyennement développés. C'est l'aspect d'un *calcaire lacustre*. La ressemblance avec une plaque mince du Calcaire lacustre d'Étampes (des environs d'Ormeau) est frappante.

La roche de Château-Landon est donc un calcaire gréseux marin, pauvre en microorganismes, avec des noyaux de calcaire

1. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 132-134. Travaux antérieurs de Héricard-Ferrand, de Roys, Raulin.

à aspect de calcaire lacustre. Nous sommes ici plus près qu'au Coudrai, et sans doute aussi qu'à Butteau, des formations lacustres de bordure.

4) Les cristaux de grès.

Les curieuses formations des « cristaux de grès », dont les plus célèbres sont celles de la grotte Bellecroix, dans la Forêt de Fontainebleau, se présentent sous la forme de beaux cristaux rhomboédriques de calcite, enrobant des grains de quartz. Elles tapissent en surface les affleurements stampiens. Elles ont attiré l'attention des anciens géologues et ont donné lieu à plusieurs publications, qui constituent tout ce qui avait été écrit sur les consolidations sableuses à ciment calcaire du Stampien¹. J'ai déjà traité cette question de grès cristallisés², et montré qu'il s'agit de formations très localisées, en général récentes, dues au lessivage par les eaux de ruissellement ou d'infiltration du calcaire lacustre supérieur. Elles n'ont pas d'intérêt pour la stratigraphie du Stampien. Elles sont sans relation, quant à leur origine, avec les consolidations à ciment calcaire des sables stampiens étudiées ci-dessus, et *a fortiori* avec les barres gréseuses à ciment siliceux du type de la Forêt de Fontainebleau.

5) Conclusions.

Les différents grès calcaires ou calcaires gréseux du Stampien se groupent en quatre familles.

1. DE LASSONE. Mémoire sur les grès en général, et en particulier sur ceux de Fontainebleau, *Mém. Ac. roy. Sc.*, 1774, p. 223.

DE ROYS. Sur les grès de Fontainebleau, *B. S. G. F.*, (1), t. XIV, 1843, p. 395-396.

DE SÉNARMONT. Essai d'une description géologique du département de Seine et-Marne, Paris, 1844, in-8°, p. 201-210.

DELESSE. Sur la proportion de sable mélangée à la chaux carbonatée de Fontainebleau, *B. S. G. F.*, (2), t. XI, 1853, p. 55-57.

DE ROYS. Sur les divisions de la formation d'eau douce de la vallée du Loing, *B. S. G. F.*, (2), t. XXIV, 1867, p. 491.

G. F. DOLLFUS. Réponse à H. Douvillé, *C. R. somm. S. G. F.*, (3), t. XIV, 1886, p. 43.

MARTEL. Érosion des grès de Fontainebleau, *Bull. Carte géol. Fr.*, t. XXI, n° 127, 1910, p. 33.

G. DENIZOT. Les formations continentales de la Région orléanaise, Vendôme, 1927 (thèse), p. 169.

L. CAYEUX. Roches siliceuses, *Mém. de la Carte géol. de Fr.*, 1929, p. 154-155, pl. VII, fig. 1.

A. HURE. Les grès chargés de calcaire du Nord de l'Yonne, *C. R. somm. S. G. F.*, 5 février 1923, p. 34-35.

2. H. ALIMEN. *Op. cit.*, p. 234-236.

1) *Formation dues à l'irruption de la mer stampienne dans le Lac de Brie à sédimentation calcaire.*

Formations anciennement appelées « mollasses » : *Calcaire grossier d'Étréchy, Calcaire à Miliolles de Fresnes*. Ce sont des roches très pauvres en quartz, caractérisées par leur richesse en organismes ; ce sont de *vrais calcaires*.

2) *Formations de rivages de la mer stampienne, à proximité de lacs à sédimentation calcaire.*

Formations de la région de Château-Landon. Ce sont des *calcaires gréseux*, faisant la transition entre la sédimentation purement sableuse qui règne plus au Nord et la sédimentation lacustre calcaire des régions plus méridionales et orientales. Ils correspondent par ailleurs, comme les calcaires de la première famille, à une transgression marine sur des régions émergées ou lacustres, d'où une parenté entre les deux groupes, manifestée particulièrement par la richesse en microorganismes.

C'est sans doute à ce groupe qu'il convient de rattacher le Calcaire gréseux de Montjavoult, qui avoisine les régions de rivages de l'anticlinal du Bray.

3) *Formations correspondant à une tendance à l'émersion : passage du Stampien inférieur au Stampien supérieur.*

Formations de la région de Nemours. Le complexe de 110 m constitue, dans cette région, une zone de passage du Stampien inférieur au Stampien supérieur, partiellement marine, partiellement lacustre. Ce sont des *calcaires gréseux lacustres* et des *grès calcaires marins*, se déposant pendant une régression¹, suivie immédiatement d'un retour de la mer. Ces roches sont plus riches en quartz que les précédentes, et nettement moins riches en microorganismes.

4) *Formations correspondant au passage graduel du Stampien supérieur au Calcaire lacustre d'Étampes.*

Plaquettes calcaires de Vauvert et de Gas. Ces formations saumâtres (*Cerithium Lamarcki*) annoncent le calcaire lacustre qui leur succédera et dont elles se rapprochent beaucoup par leur ciment. La proportion des grains de quartz en fait des *calcaires gréseux*. Ils sont très pauvres en microorganismes.

Pour l'ensemble des quatre familles se dégage donc très clairement la notion du rapport étroit entre les sables marins consolidés à ciment calcaire du Stampien et la sédimentation lacustre de cette période.

1. Les faunes des Palis et de Poligny, comme je l'ai montré, ont vécu durant une régression.

DEUXIÈME PARTIE.

REMARQUES PÉTROGRAPHIQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

Je grouperai dans cette seconde partie quelques observations glanées dans l'ensemble des roches étudiées.

1) Étude des grains de quartz.

a) Dimensions.

Les différentes plaques étudiées contiennent *quelques grains de quartz plus gros que les autres*, en général peu nombreux. Ils peuvent se lier par une série d'intermédiaires aux grains de dimension moyenne, ou bien s'en séparer nettement par un hiatus dans les dimensions des grains. Les gros grains ont de 400 à 600 μ environ.

Les *grains moyens*, qui constituent la majorité des grains d'une préparation semblent, dans une certaine mesure, la caractériser. Ils mesurent 50 à 100 μ à Gas, 100 μ à Montjavoult, 175 μ à Darvault, les Palis, 200 μ à Vauvert, Poligny, le Coudrai, Château-Landon, 250 μ à Butteau. Ces nombres semblent montrer que, en ce qui concerne les dimensions des grains moyens, ces localités se groupent géographiquement; ce qui paraît indiquer une certaine constance des caractères granulométriques moyens des sables, dans une région, pour un même niveau.

b) Forme.

Beaucoup de grains, parmi les plus gros, sont arrondis, sphériques ou ovoïdes. Ils sont empruntés aux formations sableuses stampiennes, antérieures ou contemporaines, marines ou éoliennes, ce qui explique la forme de ces gros grains.

Les moyens et plus encore les petits sont anguleux, de forme irrégulière. Je n'ai nulle part observé de modification de forme par nourrissage; par contre, la forme irrégulière originelle est souvent accentuée par des phénomènes de dissolution dont je traiterai plus loin.

c) Nature.

Presque tous les grains de quartz sont limpides, à extinction brusque. De rares grains montrent *l'extinction roulante*. Quelques autres sont des *quartz éclatés* sous l'influence des pressions liées aux phénomènes tectoniques de leur région d'origine. *Il y a extrêmement peu d'agréats*, indiquant comme roche originelle des quartzites, et le fait est à souligner fortement à cause de la fréquence de ces agréats signalée par L. Cayeux dans les grès siliceux stampiens, fréquence telle que L. Cayeux la regarde comme caractéristique de ces grès. Seule la roche de Vauvert en contient de façon notable.

2) Minéraux autres que le quartz.

Le point important est la *très grande rareté de ces minéraux*. Plusieurs préparations n'en présentent point. Quand ils existent ce sont des minéraux banaux : feldspath, tourmaline, mica.

3) Dissolution de la silice.

L. Cayeux a attiré l'attention, à diverses reprises, sur les phénomènes de dissolution qui remettent en mouvement la silice du quartz clastique, permettant ainsi les consolidations siliceuses ultérieures. G. Lucas a mis en évidence des phénomènes de dissolution en figurant d'anciens cristaux de quartz, secondairement calcifiés. « Quelques-uns même, dit-il, n'ont pas été entièrement transformés, on peut y voir du quartz résiduel¹ ». Ces observations ont trait à des calcaires liasiques algériens.

Les grès calcaires et calcaires gréseux stampiens du Bassin de Paris montrent de très beaux exemples de dissolution des grains.

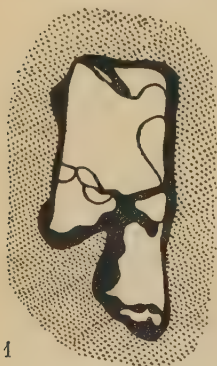
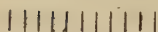


FIG. 1. — Élément de quartzite partiellement dissout en ses éléments par dissolution (Calcaire gréseux lacustre de Darvault).

Légende : en blanc, le quartz, dont les divers éléments n'ont pas même orientation optique ;
en noir, la calcite microcristalline ;
en grisé, le calcaire amorphe ou cryptocristallin.

Échelle au 1/100 mm.

1



de quartz détritiques, particulièrement dans les localités de *Darvault* et de *Poligny*. Les calcaires de la base du Stampien inférieur (Étréchy, Fresnes) et les formations des couches de passage au lacustre supérieur (Gas, Vauvert) présentent moins de phénomènes de dissolution ; le calcaire gréseux de Montjavoult et celui de Château-Landon n'en présentent à peu près pas.

1. G. LUCAS. Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar-Rouban et du Sidi el Abed. *Bull. du Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 2^e série, n° 16, 1942, p. 171, fig. 45.

Zb. Sujkowski aurait fait des observations analogues, dont il s'est entretenu avec G. Lucas. Je n'ai pu en trouver trace dans les publications qu'il a laissées à Paris. Notre confrère est vraisemblablement à Varsovie actuellement

Les *fragments de quartzite*, d'ailleurs très peu nombreux dans les roches étudiées, se laissent dissocier partiellement en leurs éléments, de la calcite secondaire se développant à la place du quartz, dans les interstices entre ces éléments (fig. 1).

Les *grains de quartz à une seule orientation optique* présentent des traces de dissolution sur leur pourtour (qui devient d'une irrégularité ne pouvant être originelle) et dans leur masse même : la fig. 2 montre le remplissage, par de la calcite microcristalline,

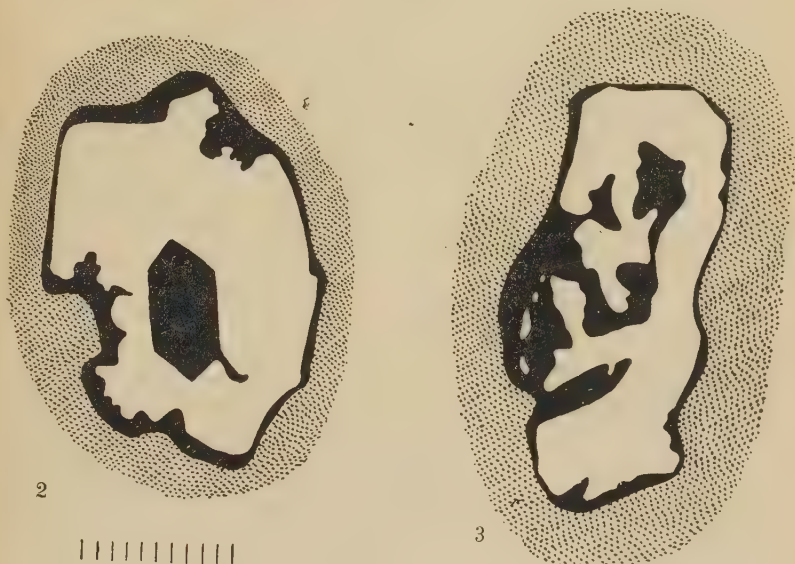


FIG. 2. — Grain de quartz présentant des phénomènes de dissolution sur deux régions de son pourtour. Une inclusion (cristal négatif) a été secondairement remplie de calcite micro-cristalline. (Calcaire gréseux lacustre de Darvault.)

Légende : en blanc, le quartz d'orientation optique unique ;
 en noir, la calcite microcristalline ;
 en grisé, le calcaire amorphe ou cryptocristallin.
 Échelle au 1/100 mm.

FIG. 3. — Phénomènes de dissolution plus poussés, pénétrant à l'intérieur du grain de quartz. Le contour primitif du grain peut être rétabli, grâce aux fragments de quartz s'éteignant avec l'ensemble du grain, et à la ceinture de calcite microcristalline. (Calcaire gréseux lacustre de Darvault.)

Même légende que pour la fig. 2.

d'une inclusion ayant les formes cristallines du quartz (cristal négatif) ; les fig. 2, 3 et 4 représentent des degrés de dissolution de plus en plus poussée. Au terme extrême le quartz est réduit à un état fragmentaire ; l'unité d'orientation optique et la forme d'ensemble de ces fragments permettent de reconstituer le grain

clastique primitif : la fig. 5 montre un de ces quartz squelettiques, de même que la planche VI, fig. 2, Q₄. On peut en voir réduits à l'état d'une véritable éponge, dont la calcite remplit les mailles (Darvault).

Ces phénomènes de dissolution du quartz se sont produits à la température et à la pression ordinaires (les couches étudiées n'ont jamais été recouvertes de plus d'une quinzaine de mètres de sédiments au maximum), c'est-à-dire dans des conditions où,

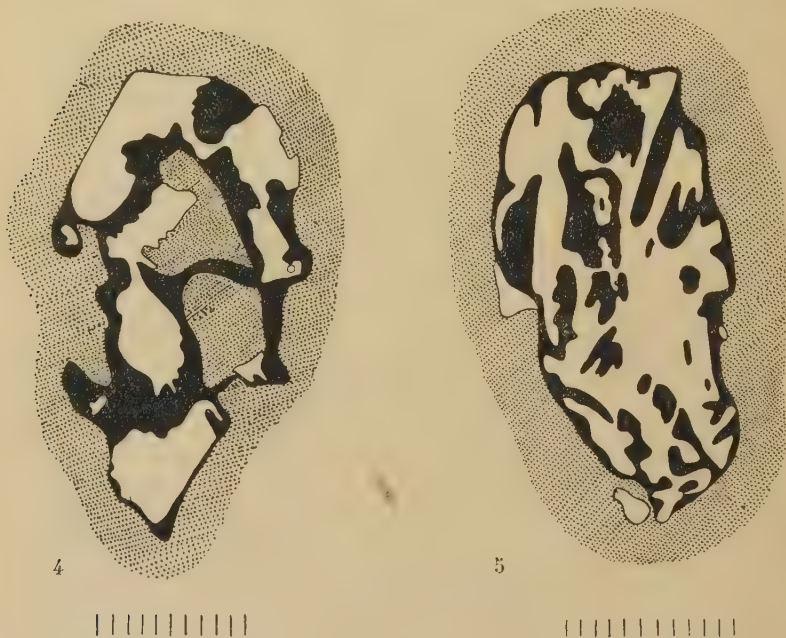


FIG. 4. — Grain de quartz très attaqué par la dissolution. Les fragments ont tous même orientation optique. Les contours réguliers du grain clastique primitif sont conservés en certains points. (Grès calcaire de Poligny.)

Même légende que pour la fig. 2.

FIG. 5. — Grain de quartz réduit à l'état d'éponge par la dissolution. (Calcaire gréseux lacustre de Darvault.)

Même légende que pour la fig. 2.

dans nos laboratoires, on ne parvient pas à déceler cette solubilité. On pourrait penser que, pour les roches marines, intervient la formation de silicates complexes. Mais la roche de Darvault, qui s'est constituée en milieu lacustre, tout au plus légèrement lagunaire, présente les plus belles figures de dissolution. Il est probable qu'une explication chimique satisfaisante est encore à découvrir.

Je n'ai constaté, dans aucune des roches étudiées, la formation de silice secondaire, soit sous forme d'auréole autour des grains de quartz primitifs, soit sous forme de quartz de néoformation dans la gangue. Dans ces roches les phénomènes de dissolution ont régné exclusivement en ce qui concerne la silice.

4) Cristallisation de la calcite.

Toutes les roches qui font l'objet de cette étude ont été nécessairement pourvues d'une gangue originelle, étant donné l'écartement des grains de quartz. Il paraît probable que cette gangue était un calcaire amorphe, qui, secondairement a, ou non, cristallisé.

a) Degré de cristallisation du ciment.

Tous les degrés de cristallisation s'observent depuis un ciment amorphe ou cryptocristallin, sans doute à peine différent de la gangue originelle (Vauvert, Gas, Darvault, Château-Landon), jusqu'à un ciment microcristallin (Étréchy, Fresnes, Montjavoult), et à un ciment de calcite grenue (les Palis, le Coudrai).

Mais il importe de remarquer qu'une plaque mince peut montrer un calcaire microcristallin ou amorphe, et une autre, prise à très petite distance dans le même échantillon, un calcaire bien cristallisé (Château-Landon) ; que dans une plaque mince coexistent des parties amorphes et des parties de calcite grenue.

b) Auréoles cristallisées autour des grains de quartz et calcite de remplacement.

Les quartz qui ont donné lieu à des phénomènes de dissolution sont entourés d'un liseré de calcite plus cristallisée que le reste du ciment. La figure 2 montre une auréole microcristalline, tandis que le reste du ciment est cryptocristallin. On notera aussi sur cette figure que l'auréole cristallisée est plus large en face des zones où le contour du quartz est déchiqueté, c'est-à-dire là où il y a eu une dissolution plus poussée. Dans le cas où la dissolution a réduit et fragmenté le quartz, la calcite micogrenue de remplacement dessine le grain primitif dans la masse à peine cristallisée du ciment (fig. 4 et 5). Quand, dans une même préparation, il y a des grains de quartz dissous et d'autres non attaqués, il n'y a d'auréole qu'autour des premiers (Butteau, Château-Landon). Ces auréoles sont bien visibles sur le cliché de la pl. V, fig. 2, L.

Donc, en règle générale, les phénomènes de dissolution de la silice ont été le point de départ d'une cristallisation de la gangue calcaire (Étréchy, Darvault, les Palis, Poligny, Vauvert, Butteau).

Cependant une plaque mince du Coudrai montre des auréoles formées de cristaux plus petits que ceux du reste du ciment, cette observation n'est pas contradictoire avec la conclusion qui précède. Ici un autre facteur, sur lequel nous reviendrons, a la prépondérance : ce sont les fissures dont l'influence sur la cristallisation est bien plus marquée que celle des quartz.

c) *Auréoles cristallisées autour des fossiles.*

Les modifications chimiques du milieu dont un fossile peut être le siège sont à l'origine d'auréoles comparables aux précédentes, mais moins fréquentes et moins régulières. L'intérieur des fossiles est parfois rempli de belle calcite grenue, limpide (pl. V, fig. 1, C₂), d'autres fois d'un ciment amorphe, moins avancé en cristallisation que le reste de la gangue. Il y a là des faits complexes, qui dépendent sans doute des vicissitudes subies par le débris de coquille avant son incorporation à la roche.

d) *Liserés oolithiques.*

On observe dans le Calcaire grossier d'Étréchy, autour de certains fossiles, de Miliolites par exemple, une auréole de largeur constante, assez étroite, constituée par des baguettes de calcite, très fines, très serrées, perpendiculaires à la surface du fossile. Cette auréole, en lumière convergente, montre une croix noire, comme les oolithes.

G. Lucas a observé des faits analogues dans des ciments de calcite microcristalline du Lias (djorf el Hendia) ; de minces liserés de petits cristaux limpides, orientés perpendiculairement aux limites des éléments qu'ils entourent, se sont formés là autour d'oolithes, fausses oolithes ou éléments remaniés¹. Il paraît vraisemblable, comme l'admet G. Lucas, qu'il s'agisse d'une simple différenciation de la gangue, analogue aux auréoles signalées plus haut, mais ici les cristaux sont orientés.

e) *Processus de formation des macrocristaux de calcite, à partir des microcristaux.*

Ce processus est observable dans le Calcaire gréseux de Vauvert, en une plage où les microcristaux tendent à s'éteindre tous

1. G. LUCAS. *Op. cit.*, p. 230.

ensemble et à se grouper en 4 ou 5 macrocristaux de calcite, cependant mal distincts, mal délimités. En lumière polarisée, il y a apparence d'extinction roulante, mais à un fort grossissement, on en distingue la cause dans la persistance de microcristaux à orientation optique très voisine.

Cette observation nous paraît suggérer que le passage de microcristaux à des macrocristaux peut se faire par modification progressive de l'orientation optique des microcristaux, jusqu'à unification de leur orientation sur une plage, et n'implique pas nécessairement le développement d'un macrocristal par nourrissage.

f) Réseau de calcite dans les fissures.

Les plus beaux cristaux de calcite s'observent dans les roches qui présentent un système de fissures, ou de cavités, où la circulation des eaux a pu se faire et les cristaux se nourrir et grandir sans entrave. Le Calcaire gréseux de Butteau montre de magnifiques cristaux de calcite limpide, clivée, atteignant et dépassant les dimensions des plus gros grains de quartz (600 μ et même 4 mm). (Pl. VI, fig. 2, C₄.)

En résumé, nos préparations montrent tous les degrés de cristallisation du carbonate de calcium. Cette cristallisation s'effectue sous l'action de l'eau d'imprégnation, elle s'amorce là où cette eau paraît plus abondante ou plus active (pourtour des quartz élastiques, des fossiles, fissures). Elle transforme le carbonate de calcium amorphe ou cryptocristallin en microcristaux de calcite. La transformation en macrocristaux paraît pouvoir se faire sans nouvelle dissolution, par uniformisation de l'orientation optique des microcristaux dans une plage. Le développement de macrocristaux à partir de germes et par nourrissage a pu également avoir lieu, dans les fissures.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Pour la première fois sont décrites des roches gréseuses à ciment calcaire dans le Stampien. Elles s'opposent nettement aux grès dunaires à ciment siliceux, du type grès de Fontainebleau, qui constituent d'ailleurs, et de beaucoup, la majeure partie des grès stampiens.

Les grès stampiens à ciment siliceux, à part quelques exceptions, sont très homogènes ; les roches consolidées à ciment cal-

caire du Stampien sont plus variées : grès calcaires, calcaires gréseux, vrais calcaires à peine siliceux. Dans les premières les grains de quartz clastiques prédominent assez grandement sur la gangue, c'est l'inverse pour la plupart des roches à ciment calcaire. L. Cayeux caractérise les grès siliceux stampiens par leur richesse en agrégats de quartz ; ces éléments sont à peu près absents des roches à ciment calcaire. Les grès dunaires du sommet du Stampien sont azoïques, la plupart des grès calcaires et calcaires gréseux sont riches en microfossiles¹, et beaucoup d'entre eux aussi en macrofossiles. Enfin ces roches à ciment calcaire sont extrêmement pauvres en minéraux autres que le quartz.

Les roches gréseuses à ciment calcaire du Stampien sont des accidents locaux, et résultent de l'influence, à des époques diverses, de la sédimentation lacustre calcaire sur les sables stampiens d'origine marine (irruption de la mer stampienne dans le lac de Brie, influence des lacs de bordure sur les rivages stampiens, épisode lacustre au milieu du Stampien, transformation de la mer d'Ormoï en lac de Beauce). Par contre les grès du type grès de Fontainebleau couvrent une immense surface du Bassin parisien², et sont d'origine dunaire ; dans leur presque totalité ces grès se sont formés au même moment (émersion du Stampien terminal).

Au point de vue de la dissolution de la silice et de la cristallisation de la gangue, les roches étudiées apportent des données intéressantes.

D'intenses phénomènes de dissolution du quartz (avec de très belles images de grains de quartz rongés et réduits à l'état d'éponges) enseignent que le quartz peut se dissoudre sous de faibles pressions et à la température ordinaire. Il n'y a pas dans ces roches formation de quartz secondaire. Par contre, elles montrent tous les degrés dans la cristallisation de la gangue calcaire, mettent en évidence le rôle de l'eau d'imprégnation dans cette cristallisation, et révèlent la possibilité de la formation de macrocristaux par uniformisation de l'orientation optique d'un groupe de microcristaux.

1. L'étude de leur faune de Foraminifères sera faite par P. Marie.

2. H. ALIMEN. *Op. cit.*, pl. IV (carte hors texte).

LÉGENDE DES PLANCHES V ET VI

PLANCHE V.

FIG. 1. — *Calcaire grossier d'Étréchy.*

Gross. 30. Lumière polarisée; nicols croisés.

- Q : grains de quartz,
 C₁ : ciment de calcite microcristalline,
 C₂ : ciment de calcite grenue,
 C₃ : grands cristaux de calcite,
 C₄ : ciment calcaire amorphe imprégné d'oxyde de fer,
 F : fente.

FIG. 2. — *Calcaire gréseux lacustre de Darvault*

Gross. 30. Lumière polarisée; nicols croisés.

- Q₁ : grains de quartz de grande taille (200 à 400 μ), ovoïdes,
 Q₂ : grain de quartz à extinction roulante,
 Q₃ : agrégat de quartz,
 C₁ : ciment de calcaire amorphe,
 C₂ : ciment de calcaire cryptocristallin,
 L : liseré de calcaire microcristallin autour des grains de quartz,
 F : fente.

PLANCHE VI.

FIG. 1. — *Grès calcaire marin de Poligny.*

Gross. 30. Lumière polarisée; nicols croisés.

- Q₁ : gros grains de quartz (300 à 500 μ), ovoïdes,
 Q₂ : grains de quartz de dimensions moyennes (200 μ),
 C₁ : ciment de calcaire cryptocristallin,
 C₂ : ciment de calcaire microcristallin,
 P : fossiles.

FIG. 2. — *Calcaire gréseux marin de Butteau.*

Gross. 30. Lumière polarisée, nicols croisés.

- Q₁ : gros grains de quartz (500 μ),
 Q₂ : grain de quartz éclaté,
 Q₃ : agrégat de quartz,
 Q₄ : grain de quartz présentant d'importants phénomènes de dissolution (réduit à l'état d'éponge),
 C₁ : enclaves de ciment calcaire amorphe,
 C₂ : ciment de calcite microcristalline,
 C₃ : ciment de calcite grenue,
 C₄ : beaux cristaux de calcite (atteignant 1 mm), développés dans une fente (F),
 P : fossiles.

SPONGILLES ET CHRYSOSTOMATACÉES D'UN LIGNITE DE LA FORMATION CINÉRITIQUE DU LAC CHAMBON (PUY-DE-DÔME).

PAR **F. Firtion**¹.

PLANCHES VII ET VIII.

J'ai eu l'occasion de recueillir en 1942 aux environs de Murols, un bloc de roche ligniteuse riche en organismes siliceux. Ce bloc a été trouvé derrière la ferme sise au croisement des routes Chambon-Murols et Murols-Clermont, dans le talus limitant un côté du chemin forestier reliant les deux routes, à 100 m environ de la route Chambon-Murols.

L'échantillon n'était malheureusement pas en place, mais l'examen des caractères géologiques de la région (carte géologique au 1/80.000^e, n° 166, Clermont-Ferrand, 3^e édition) permet d'en fixer l'âge probable. La ferme repère est située à la limite des dépôts volcaniques du Tartaret et de la formation cinéritique du Chambon; c'est des éboulis de cette dernière, où se rencontrent des blocs de basalte mio-pliocène, que provient la roche en question; elle est donc vraisemblablement pliocène.

La teinte de l'échantillon n'est pas uniforme; il y a passage progressif d'une zone brun clair bien litée, à une autre plus compacte, brun foncé ou noire. Au point de vue pétrographique la partie plus claire est une diatomite faiblement colorée par des matières humiques, alors que la partie foncée est un lignite proprement dit.

Diatomite et lignite ont été libérés de leur substance organique par un traitement approprié, en vue d'étudier leurs impuretés insolubles. Les deux sédiments se sont montrés riches en éléments siliceux, la plupart d'origine organique.

Lauby, qui a étudié de nombreux gisements de lignite d'Auvergne, a mis en évidence leur richesse en organismes (Diatomées) dont il a donné de longues listes. L'auteur se limitant uniquement à des recherches d'ordre paléophytologiques a peut-être négligé volontairement les autres organismes tels que les Spongilles. De même n'a-t-il pas eu son attention attirée sur les coques de Chrysostomatacées qui peuvent y jouer un rôle important.

1. Note présentée à la séance du 6 novembre 1944.

Le lignite du Chambon est précisément intéressant parce qu'il renferme des logettes siliceuses et des spicules de Spongilles en nombre tel qu'ils ne sauraient échapper à un examen même superficiel.

La diatomite contient : *Cyclotella*, *Tetracyclus*, *Cocconeis*, *Stauroneis*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Surirella* ainsi que nombre de formes plus petites ; les éléments de cette flore appartiennent aux espèces actuelles. Les spicules d'éponges (oxes) sont abondants ; on y rencontre quelques logettes siliceuses.

Le lignite proprement dit est moins riche en Diatomées. Les frustules, toujours fragmentées, rappellent les genres *Pinnularia* et *Cymbella*. Les éléments de Spongilles y sont abondamment représentés par des oxes, et surtout par des spicules gemmulaires (amphidisques) de taille et forme variées. Les coques de Chrysostomatacées y sont nombreuses.

En cette note les Diatomées ne retiendront pas davantage mon attention qui se portera sur les Spongilles et les Chrysostomatacées.

Ce m'est une occasion d'exprimer ma reconnaissance à M. G. Deflandre pour l'intérêt qu'il a bien voulu me témoigner en mettant à ma disposition une importante bibliographie des Chrysostomatacées.

Je désire également remercier MM. les Professeurs E. Topsent, P. de Beauchamp, et R. Hovasse pour les conseils et renseignements dont ils ont eu l'amabilité de me faire profiter.

1. SPONGILLES

La détermination des genres et espèces se base sur des caractères zoologiques¹ dont certains ne peuvent être utilisés ici du fait de leur disparition.

En ce qui concerne les spicules gemmulaires, les caractères des différents genres de Spongilles sont les suivants :

Spongilla : pas d'amphidisques, mais des spicules épineux cuirassant les gemmules.

Ephydatia : amphidisques formés d'une tige lisse ou épineuse perpendiculaire à deux disques terminaux dont les bords sont entiers ou échancrés.

1. Gemmules, amphidisques, spicules de soutien et du parenchyme. Dans notre cas, seuls les amphidisques et autres spicules peuvent être utilisés.

Heteromeyenia : deux classes d'amphidisques (tiges plus ou moins épineuses, disques échancrés) les uns courts limités à la couche chitineuse externe, les autres plus longs, dépassant plus ou moins largement cette assise.

Carterius : deux classes d'amphidisques (tiges grêles, finement épineuses, disques échancrés) ; le pore gemmulaire comporte des expansions particulières caractéristiques du genre. Quelquefois les disques sont formés d'épines dirigées en tous sens donnant l'aspect d'une pelote à épingles. La tige de l'amphidisque peut se terminer par une pointe à chaque extrémité.

Tubella : amphidisques ayant deux disques inégaux à bords entiers.

Parmula : amphidisques ne comportant qu'un disque, muni d'une épine fine qui lui est perpendiculaire.

DESCRIPTION DES ESPÈCES.

F. des *Spongillidae* GRAY

S.-F. des *Spongillinae* CARTER

G. *Spongilla* LAMARCK

Spongilla lacustris auct.

Je rapporte à cette espèce des spicules incurvés avec nombreuses épines réparties uniformément sur les spicules.

Spongilla fragilis POTTS

(Pl. VII, fig. 1).

Spicule incurvé, épineux. A chaque extrémité on note un groupement d'épines courtes et coniques ; leur densité est moindre sur l'ensemble du spicule, dont la longueur est de $89\ \mu$ et l'épaisseur de $6,15\ \mu$.

Le spicule du lignite offre de grandes ressemblances avec ceux de *Sp. fragilis* POTTS et la variété *minuta* (Potts, pl. VIII, fig. 3, 4).

Les dimensions sont aussi du même ordre :

Sp. fragilis : long. $75\ \mu$

var. *minuta* : long. $115,75\ \mu$

larg. $6,25\ \mu$

S.-F. des *Meyeninae* VEJDovsky
G. Ephydatia (*Meyenia*) LAMOUREUX

Ephydatia Mulleri LIEBERKUHNS

(Pl. VII, fig. 10).

Je rapporte à cette espèce de nombreux amphidiskues à tige courte et lisse, dont la longueur est voisine, ou égale au diamètre des disques. Les rayons des disques sont fortement accentués et orientés dans un même plan ou dans des plans différents. Les dimensions sont en moyenne de 16,66 μ pour la tige et le diamètre des disques, l'épaisseur est de 4,6 μ .

Les amphidiskues figurés par Girod et d'autres auteurs, tel Vejdovsky, mettent en évidence le caractère d'égalité entre la longueur de la tige et le diamètre des disques des spicules gemmulaires ; ce caractère paraît donc être habituel chez l'espèce considérée. D'autre part, certaines figurations données par Bowerbank et Potts paraissent devoir être rangées dans *E. Mulleri* (Bowerbank, *Proc.*, pl. XXXVIII, fig. 1, et Potts, *Proc.*, pl. IX, fig. 1-4) car on y retrouve la particularité signalée ci-dessus.

Ephydatia fluviatilis auct.

(Pl. VII, fig. 2).

Commune en Europe elle comporte des variétés parfois classées comme espèces distinctes. Les amphidiskues sont moins trapus et plus longs que ceux de l'espèce précédente. La tige lisse ou munie d'une à deux épines vase rétrécissant vers sa partie médiane. Les disques égaux en développement, sont plus ou moins festonnés. On remarque aussi que, d'une façon générale, chez *E. fluviatilis* et variétés, la longueur de l'amphidisque est du même ordre que la somme des diamètres des disques. Dans ce cas aussi, les figurations de Girod et de Vejdovsky mettent le même caractère en évidence.

Girod assigne une longueur de 20 à 23 μ aux amphidiskues d'*E. fluviatilis*, ceux que j'attribue à la même espèce, ont des dimensions plus élevées :

épaisseur	longueur	diam. disques	Σ diam. disques
5 μ	40	20-20	40
4,6 μ	23,0	13,8-11,5	25,3
—	33,35	16,1-16,1	32,2
4,6 μ	36,8	18,4-18,4	36,8

Enfin, certains spicules lisses sont pourvus d'un renflement médian et semblent devoir être attribués à l'espèce considérée.

Ephydatia fluviatilis var.

(Pl. VII, fig. 3, 4, 6, 7, 8).

Le lignite renferme un assez grand nombre d'amphidiskes qui, tout en rappelant *E. fluviatilis*, s'en séparent néanmoins par un certain nombre de caractères permettant d'en faire éventuellement une variété. La tige plus forte, cylindrique, parfois légèrement renflée en sa partie médiane, porte des épines vigoureuses perpendiculaires à la tige ; leur nombre est supérieur à deux. Les disques, bien développés, sont subégaux et paraissent être peu étoilés. Des malformations sont possibles, elles se traduisent par des disques profondément échancrés ou par des disques incomplets avec rayons dirigés dans des plans différents.

Dimensions :	longueur	: 43-50 μ
	épaisseur	: 6-9, 7,5 μ
	diam. disques	: 20,7-25,3 μ
	S. diam. dis.	: 41,4-50,6 μ
	épines	: 6, 9-8 μ

Dans l'ensemble, les amphidiskes rappellent ceux d'*Ephydatia fluviatilis* var. *syriaca* TOPSENT ; les dimensions sont sensiblement du même ordre. Topsent donne les valeurs suivantes pour sa variété :

Dimensions :	longueur	: 30-43 μ
	épaisseur	: 5,5-6 μ
	diam. dis.	: 23-27 μ
	épines	: 7,2 μ env.

Il y a donc similitude de dimensions, mais l'allure des disques diffère de ceux de la variété *syriaca* ainsi qu'il ressort des figures qu'en a donné Topsent. Cette réserve mise à part, les amphidiskes considérés pourraient être rapprochés d'*E. fluviatilis* var. *syriaca* TOPS.

Ephydatia fossilis TRAXLER

(Pl. VII, fig. 5, 11-17, pl. VIII, fig. 7).

Les amphidiskes ainsi groupées se distinguent nettement des formes précédentes. La tige plus longue (environ 2,75 à 3 fois le diamètre des disques) est droite ou faiblement incurvée, elle comporte parfois un léger renflement. Les épines nombreuses sont fortes, droites et perpendiculaires à l'axe de la tige. Les disques égaux ou subégaux sont rayonnés.

Dimensions :	longueur	: 56-70 μ
	épaisseur	: 5,6-7 μ
	diam. dis.	: 22,3-25,5 μ
	épines	: 6,1-7,6 μ

En examinant une préparation de Diatomées d'un dépôt saumâtre de Kavna Bremia¹ (Hongrie), j'ai pu y découvrir, à côté de Diatomées halophyles (*Coscinodiscus*, *Diploneis*, etc...), et d'eau douce (*Pinnularia*, *Cymbella*), des spicules de Spongilles et en particulier trois amphidiskues dont deux présentent des caractères identiques à ceux des amphidiskues du lignite : ils sont grands, massifs ; la tige droite ou faiblement incurvée est pourvue d'épines fortes. Les disques sont également développés et rayonnés.

Dimensions : longueur : 64,36-69,02 μ

épaisseur : 7,14-8,23 μ

diam. dis. : 26,18-28,66 μ

épines : 6,1-7,6 μ

Dans ce cas, la longueur des amphidiskues vaut environ 2,5 fois le diamètre des disques. De toute façon, les spicules du dépôt hongrois sont comparables en tous points aux amphidiskues du lignite, et doivent être vraisemblablement rangés dans la même espèce.

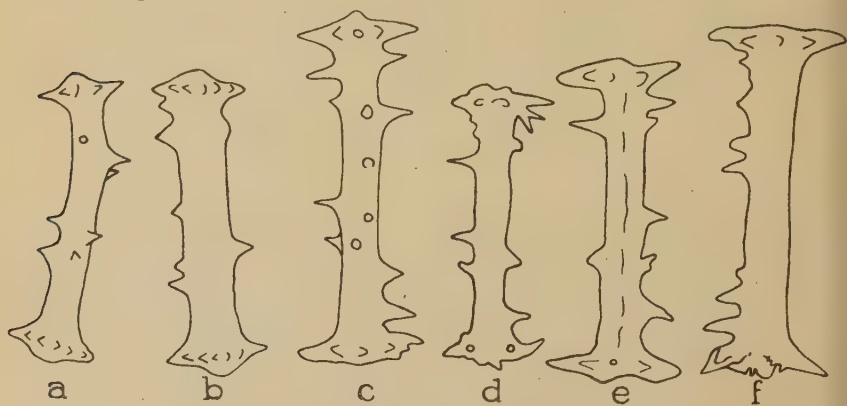


FIG. 1. — *Ephydatia fossilis* TRAXLER.

Légende :

a, b : amphidiskues d'après Traxler, $\times 640$.

c, d : amphidiskues de Chambon, $\times 650$.

e, f : amphidiskues de Kavna Bremia (Hongrie), $\times 650$.

On connaît une espèce fossile *Ephydatia fossilis* TRAXLER trouvée en Hongrie dans des dépôts saumâtres sarmatiens ; les amphidiskues sont massifs, très grands : 41 à 60 μ . de long, les disques ayant un diamètre compris entre 16 et 26 μ . Les amphidiskues d'*E. fossilis* tels que les figure Traxler sont

1. Cette préparation a été fournie par le Laboratoire Laporte à Paris.

donc un peu plus courts que ceux de Kavna Bremia et du Chambon, d'autre part leur tige droite ou peu incurvée paraît être plus épaisse; pourvue d'épines fortes, elle mesure de 2,7 à 3,33 fois le diamètre des disques. Compte tenu des variations de forme des amphidisques dans une même espèce, j'attribue les spicules du Chambon et de Kavna Bremia à *Ephydatia fossilis* TRAXLER.

G. *Heteromeyenya* POTTS

Cf. *Heteromeyenya argyrosperma* POTTS.

(Pl. VIII, fig. 6).

Je rapproche de cette espèce américaine un spicule gemmulaire répondant aux caractères suivants : tige droite fortement épineuse, les épines s'incurvant vers la partie médiane de la tige. Les disques sont formés de rayons qui présentent l'aspect de crochets.

Dimensions : longueur : 73,6 μ
 épaisseur : 6,9 μ
 diam. dis. : 13,8 μ

Ainsi que la figuration de Potts permet d'en juger, le spicule décrit offre de grandes ressemblances avec les amphidisques courts d'*Heteromeynia argyrosperma*. Les dimensions sont du même ordre : long. 70 μ , diamètre des disques : 16,1 μ .

L'existence d'un spicule gemmulaire isolé rappelant cette espèce américaine, ne permet pas de tirer des conclusions précises quant à la présence certaine dans le lignite étudié, car je n'ai pu y déceler d'amphidisques de la classe longue.

G. *Carterius* PETR.

Carterius Stepanowi DYBOWSKI

(Pl. VIII, fig. 1-5).

Les amphidisques rangés dans cette espèce se différencient totalement de ceux des Ephydaties. Généralement plus grêles, ils ont une tige recouverte d'épines nombreuses et fines. Les disques, toujours bien formés, sont échancrés. Il y a deux sortes d'amphidisques ; les plus grands ont une longueur égale à 6,5 et à quatre fois le diamètre des disques. Pour les plus courts, la longueur est égale à 3 diamètres.

Dimensions : longueur : 43-100 μ
 épaisseur : 4-5,6 μ
 diam. dis. : 14,8-18 μ

Les dimensions de *C. Stepanowi* telles qu'elles sont définies par Lauterborn correspondent aux nôtres :

longueur : 35-80 μ
 épaisseur : 4-6 μ
 diam. dis. : 17 μ env.

Le rapport long. / diam. dis. est du même ordre que pour les spicules du Chambon.

Il existe en outre chez cette espèce toute une série de spicules, intermédiaires entre les spicules du squelette et les amphidisques. Ces organes sont souvent fortement épineux et se terminent fréquemment par deux pointes.

Carterius sp.

(Pl. VII, fig. 9).

Certains amphidisques présentent un aspect particulier. La tige épaisse, plus ou moins épineuse, est cylindrique ou légèrement renflée dans sa partie médiane. Les disques formés de nombreux rayons, orientés dans des plans différents, rappellent des pelotes à épingles. Quelquefois, la tige se termine par deux pointes (ce sont là des caractères propres au g. *Carterius*, voir Lauterborn, fig. du texte).

Les amphidisques de *Carterius tenosperma* Poets ont une forme générale voisine.

Dimensions : a) formes du lignite :

long. : 54,8-60 μ
 épais. : 7,2 μ
 diam. dis. : 18-20 μ
 épines : 3,2-4,8 μ

b) *C. tenosperma* Poets :

long. : 45 μ
 épais. : 2,5 μ
 diam. dis. : 15 μ

2. CHRYSOSTOMATACÉES

Les coques siliceuses de Protistes sont abondamment représentées dans le lignite du Chambon. Elles appartiennent dans des proportions variées aux différents genres de Chrysostomatacées tels qu'ils furent définis par Frenguelli et Deflandre :

Chrysostomum CHODAT
Clericia FRENGUELLI
Deflandreia FRENGUELLI
Outesia FRENGUELLI
Carnegia PANTOCSEK

DESCRIPTION DES ESPÈCES.

Groupe *Chrysostomataceae* CHODAT emend.G. *Chrysostomum* CHODAT emend.

Diagnose : Coques siliceuses lisses, sphériques, ovoïdes, ellipsoïdales ou plus ou moins régulières, sans ornementation ni expansions d'aucune sorte. Pore sans col ou avec col cylindrique bas.

Chrysostomum minutissimum (FRENG.) DEFL.

Logettes sphériques lisses, pourvues d'un pore circulaire, pas de col. Le diamètre de ces coques est voisin de 7,14 μ .

Chrysostomum simplex CHODAT

Logettes sphériques ou ovoïdes lisses, sans col, seulement un pore simple entouré d'un léger épaissement.

Dimensions : longueur : 11,90-14,28 μ
 largeur : 11,90-15,7 μ

Ces coques sont de beaucoup les plus abondantes.

G. *Clericia* FRENG. emend.

Diagnose : Coques siliceuses de forme variée, généralement ornementées, avec ou sans col, toujours dépourvues d'une collerette double concentrique au col, et sans expansions aliformes mêmes réduites.

Clericia spinigera FRENG.

Espèce type, formée d'une logette sphérique munie d'un col ; la surface est parsemée d'épines. Diamètre : 18,4 μ .

Clericia paradoxa RAMPI

(Pl. VIII, fig. 13).

Logette sphérique avec col, l'ornementation est formée de stries ou nervures plus ou moins méridiennes parcourant la surface de la coque.

Dimensions : longueur : 13,8 μ
 largeur : 10,35 μ .

Clericia robusta (= *Clericia valida*) FRENG.

(Pl. VIII, fig. 8, 9).

Logette pourvue d'une importante enveloppe de silice secondaire. Le col, resserré dans sa partie médiane, est entouré d'un gros bourrelet.

Dimensions : longueur : 17,15 μ
épaisseur : 16,1 μ

Clericia ampulla FRENG.

(Pl. VIII, fig. 10, 11).

Logette sphérique munie d'un col s'étranglant dans sa partie médiane. Il est dépourvu de bourrelet ; une mince couche de silice secondaire peut, dans certains cas, entourer la base du col. Par sa forme, la logette correspond à *Clericia* (*Carnegia*) *ampulla* FRENG. ; on note cependant l'absence de l'ornementation figurée par Frenguelli.

Clericia Dybowskii DREZ.

Coque ellipsoïde munie d'un col, pourvue d'un revêtement de silice secondaire appréciable. La forme du lignite est un peu plus allongée que ne l'est celle figurée par Frenguelli.

Dimensions : longueur : 19,04 μ
largeur : 14,18 μ

G. Deflandreia FRENG.

Diagnose : Coquë globuleuse, arrondie ou ovoïde, surface lisse ou ornée de stries, points, pointes ou nodules. Col long, cylindrique, infundibuliforme, droit ou oblique, parfois géniculé ou tortueux.

Deflandreia adunca FRENG.

(Pl. VIII, fig. 15).

Coque ovoïde pourvue d'un important épaissement de silice secondaire. Le col, à paroi un peu ondulée, est entouré d'un gros bourrelet. Pas d'ornementation.

Dimensions : longueur : 19,04 μ
largeur : 16,66 μ

G. Outesia FRENG.

Diagnose : Coques siliceuses munies d'une collerette concentrique au pore, émanant directement de la paroi de la coque et non d'une couche de silice secondaire, sans expansions aliformes.

Outesia membranosa (FRENG.) DEFL.

(Pl. VIII, fig. 14, 17).

Coques ovoïdes, toujours ornementées. Des bandes de silice faisant saillie parcourent la surface de la coque, et y déterminent des dessins d'allure variée. La région du pore a été endommagée dans plusieurs exemplaires examinés, d'autres montrent encore la collerette entourant le pore.

Dimensions : longueur : 19-23 μ
 largeur : 12-16,1 μ

Outesia yberiensis FRENG.

(Pl. VIII, fig. 12, 12 a).

Coque sphérique lisse pourvue d'un col. Le pore est entouré d'une collerette à paroi non ondulée issue du col même qui, dans certains cas, est entouré d'une pellicule de silice secondaire. Les malformations sont fréquentes. Les logettes du lignite ont un col de taille un peu plus élevée que celui des figures données par Frenguelli et Rampi.

Dimensions : longueur : 13,8-19,2 μ
 largeur : 9,2-15,36 μ

G. Carnegia PANTOCSEK emend.

Diagnose : Coques siliceuses de forme variable, avec ou sans col, munies d'une ou plusieurs expansions aliformes, tendant à recouvrir le pore sans le toucher, parfois réduites à des languettes siliceuses toujours localisées en couronne autour du pore. Lorsqu'il y a plusieurs languettes, l'une peut être plus développée et homologuée alors à la languette de la forme type.

Carnegia Frenguelli (CLERICI) DEFL.

Coques plus ou moins ovoïdes, quelquefois subsphériques lisses, pourvues d'un col entouré d'une collerette. L'appendice aliforme est fréquemment brisé.

Dimensions : longueur : 13,8 μ
 largeur : 9,2-11,3 μ .

Carnegia armata (FRENG.) DEFL.

Logettes ovoïdes armées de nombreuses languettes, l'une d'elles étant plus développée que les autres. L'espèce est beaucoup moins représentée que la précédente.

Dimensions : longueur : 11,5-13 μ
 largeur : 9,2-10 μ .

Carnegia Pantocseki FRENGUELLI

(Pl. VIII, fig. 23).

Logette ovoïde munie d'un pore s'ouvrant latéralement, et non à l'extrémité supérieure de la coque. Il existe une collerette. La logette est en outre pourvue dans sa partie inférieure d'expansions lamelleuses. La forme du lignite est identique à la figuration donnée par Frenguelli; seul un petit appendice situé au voisinage du pore fait défaut, par suite de bris vraisemblablement.

Dimensions : longueur : 16,1-18,4 μ
 largeur : 11,5-16,1 μ

Carnegia Joannis ANDRIEU

(Pl. VIII, fig. 18, 19).

Le lignite renferme un certain nombre de logettes ovoïdes dont la surface est pourvue d'une ornementation formée de bandes de silice qui dessinent un réseau à mailles polygonales d'allure variée. Ces coques sont munies d'un stomatocerque qui, dans certains cas, est entier; il prend alors l'allure de l'appendice de *C. Frenguelli*: passant au-dessus du pore sans le toucher, il s'incline vers la paroi de la logette.

Dimensions : longueur : 11,15-16,1 μ
 largeur : 9,2-12,65 μ .

Carnegia aquila nov. spec.

(Pl. VIII, fig. 20-22).

Coques ovoïdes, lisses, pourvues d'un col. Ce dernier est surmonté par une sorte de vestibule semi-ovoïde dont l'ouverture est oblique par rapport à l'axe antéro-postérieur de la logette. Le stomatocerque comporte : 1. une partie basale massive en forme de cuiller, 2. une partie grêle, plus ou moins incurvée, à section circulaire.

L'allure de la logette telle qu'elle est donnée par les fig. 20 et 21 est rarement observable car la portion grêle du stomatocerque est toujours brisée; la coque rappelle alors souvent *Carnegia Stefanini* RAMP. (fig. 22).

Dimensions : longueur : 15-19,04 μ
 largeur : 11,5-11,90 μ .

CONCLUSIONS.

L'étude des éléments siliceux du lignite a permis de mettre en évidence une association de Spongilles groupant les genres : *Spongilla*, *Ephydatia*, *Carterius*.

Spongilla lacustris, *Sp. fragilis*, *Ephydatia fluviatilis*, *E. Mulleri*, sont des espèces actuellement vivantes et communes au territoire français avec *Trochospongilla horrida* WELTNER, que je n'ai pas rencontrée dans le lignite. Sur cet ensemble, *Sp. lacustris*, *E. fluviatilis*, *E. Mulleri*, *Tr. horrida*, sont connus en Auvergne où le Dr Girod les a signalées.

Carterius Stepanowi DYB., espèce d'Europe Centrale, existe au Palatinat. (forme *Palatina* Lauterborn) mais n'a pas encore, à ma connaissance, été signalée en France et n'y serait de ce fait connue qu'à l'état fossile.

De même, on ne connaît pas en France de Spongilles possédant des amphidiskues de taille comparable à ceux du lignite, amphidiskues que j'attribue à *Ephydatia fossilis* TRAXLER. Il est en effet intéressant de signaler la correspondance des spicules gemmulaires du Chambon avec ceux provenant du gisement saumâtre de Kavna Bremia en Hongrie.

En ce qui concerne les spicules rappelant des espèces américaines, leur rareté ne permet pas de tirer des conclusions quant à leur présence certaine.

Il convient aussi de noter l'abondance des Chrysostomatacées dans le lignite où ils accompagnent les Spongilles. Ayant examiné un nombre assez élevé de tourbes dont certaines riches en Diatomées, il ne m'a jamais été donné d'y rencontrer une telle abondance de coques siliceuses. Une préparation d'un lignite pliocène riche en Diatomées (surtout *Pinnularia*) provenant du Ravin des Egravats près des Bains de Mont-Dore, m'a montré quelques coques à appendice brisé appartenant à *C. Frenguelli*. De même quelques tourbes, elles aussi riches en Diatomées, ne contenaient que peu ou pas de logettes attribuables à *C. Frenguelli* et plus rarement à *C. armata*.

On peut donc conclure de ces faits que, dans le lac pliocène du Chambon où s'est déposé le lignite, régnaient à un moment donné des conditions biologiques et vraisemblablement physico-chimiques telles que Spongilles et Chrysostomatacées purent s'y développer largement.

Si l'on remarque, en outre, que les organes de reproduction des Spongilles se développent pour les espèces indigènes en période automnale, on acquerra la notion que ces conditions favorables devaient être en relation avec des variations saisonnières peut-être déjà ébauchées à une période antérieure au Pliocène.

BIBLIOGRAPHIE

A. SPONGILLES.

1. ARNDT (W.). — Die Spongillidenfauna Europas. *Archiv f. Hydrobiol.*, 17, 1926.
2. BOWERBANK (J. S.). — A monograph on the Spongillidae, *Proc. of the Zool. Soc. of London*, 1863.
3. GARBINI (A.). — Due Spongille del Lago di Garda nuove per l'Europa, *Zool. Anz.*, 547, 1897.
4. GIROD (P.). — Les Spongilles, leur détermination.
5. GIROD (P.). — Les Éponges des eaux douces d'Auvergne, *Trav. du Lab. de Zool. du Dr Girod*, Clermond-Ferrand, 1888.
6. GIROD (P.). — Considérations sur la distribution géographique des Spongilles d'Europe. — Sur la position systématique de *Carterius bohemicus* (*Ephydatia bohémica*), *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, t. 24, 1899.
7. LAMPERT (K.). — Das Leben der Binnengewässer, 1925.
8. LAUTERBORN (R.). — Ein für Deutschland neuer Süßwasserschwamm (*Carterius Stepanowi* DUB.), nebst Beobachtungen über eine mit demselben lebende Alge (*Scenedesmus quadricauda* BREB.), *Biol. Zentralbl.*, XXII, 1902.
9. LENDENFELD (R. v.). — Die Süßwassercœlenteraten Australiens, *Zool. Jahrb.*, Bd. II, 1887.
10. PETR (Fr.). — Nouvelles contributions à la connaissance des Spongilles de Bohême (en tchèque avec résumé allemand), *Sitzungsberichte d. k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 1886.
11. POTTS (E.). — Fresh water Sponges, a monograph, *Proc. of the Ac. of nat. Sc. of Philadelphia*, 1887.
12. TOPSENT (E.). — Note sur les Spongillides de France, *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 1893.
13. — Description d'une variété nouvelle d'Éponge d'eau douce (*Ephydatia fluviatilis* auct. var. *syriaca*), *Bull. Soc. d. Amis des Sc. de Rouen*, P.-V. de la séance du 4 février 1904.
14. — Les Éponges de la Saône, *Ass. franç. Av. des Sc.*, 1914.
15. TRAXLER (L.). — *Ephydatia fossilis*, eine neue Art der fossilen Spongilliden, *Földtani Közlöny*, 24, 1894.
16. VEIDOVSKY (Fr.). — Die Süßwasserschwämme Boheims, *Abh. dk. böhmischen Gesellsch. d. Wissensch.*, VI^e Folge, 12 Bd., 1883.
17. WELTNER (W.). — Bau des Süßwasserschwammes, *Blätter f. Aquarier u. Terrarier Freunde*, Bd. VII, n^o 24, 1896.
18. — Süßwasserspongien von Celebes, *Arch. f. Naturgesch.*, 67^{ter} Jahrg., Beiheft, 1901.
19. — Süßwasserschwämme, in *Süßwasserfauna Deutschlands*, 1909.

B. CHRYSOSTOMATACÉES.

1. ANDRIEU (B.). — Note sur les Chrysostomatacées d'une tourbe de l'île Kerguelen, *Bull. Soc. franç. de Microsc.*, vol. V, fasc. 2, 1936.
 2. — Les Chrysostomatacées d'Auvergne — I. Dépôt de Verneuge (Puy-de-Dôme), *Ibid.*, vol. VI, fasc. 2, 1937.
 3. — Les Chrysostomatacées d'Auvergne — II. Dépôt de Vassivière (Puy-de-Dôme), *Ibid.*, vol. VII, fasc. 3, 1938.
 4. CONRAD (W.). — Notes protistologiques : kystes de Chrysomonadines ou Chrysostomatacées ?, *Bull. Musée Royal d'Hist. Nat. de Belgique*, t. XIV, n° 46, août 1938.
 5. — Chrysomonadées fossiles des collections du Musée d'Hist. Nat. de Belgique, *Ibid.*, t. XVI, n° 45, 1940.
 6. DEFLANDRE (G.). — Sur l'abus de l'emploi en Paléontologie du nom de genre Trachelomonas et sur la nature de quelques ex-Trachelomonas siliceux (Chrysomonadines) tertiaires et quaternaires, *Ann. de Protist.*, IV, 1934.
 7. — Trachelomonas, Archaeomonadacées, et Chrysostomatacées. Réponse à une note de J. Frenguelli, *Arch. f. Protistenk.*, LXXXV, 1935.
 8. — Les Flagellés fossiles, aperçu biologique et paléontologique, rôle géologique, *Act. Scient. et Industrie*, 1936.
 9. DUBOIS (G.). — Cadre systématique pour l'étude des Flagellates fossiles, *Bull. Ass. amic. Inst. Sc. Géol. Strasbourg*, n° 2, 1933.
 10. FRENGUELLI (G.). — Sopra alcuni microorganismi a guscio siliceo, *Bollett. Soc. Geol. Ital.*, XLIV, 1925.
 11. — Trachelomonas de los esteros de la region del Ybera en la provincia de Corriente, Argentina, *Rev. Chil. de Hist. Nat.*, ano XXXIII, 1929.
 12. — Trachelomonadi del Pliocene Argentino, *Mem. della Soc. Geol. Ital.*, I, 1932.
 13. — Analisis microscopico de una muestra de tripoli de Augostura (Provincia de Colchagua Chile), *Rev. Chil. de Hist. nat.*, ano XXXV, 1932.
 14. — Trachelomonadas del Platense, *Notas del Museo de la Plata*, t. I, Paléontologia, n° 2, 1935.
 15. — Crisostomataceas del Neuquen, *Notas del Museo de la Plata*, t. I, Botanica, n° 9, 1936.
 16. — *Deflandreia*, nuovo genero de Crisostomataceas, *Notas del Museo de la Plata*, t. 3, Botanica, n° 18, 1938.
 17. — Crisostomataceas del Rio de la Plata, *Notas del Museo de la Plata*, t. 4, Botanica, n° 25, 1939.
 18. KRIEGER (W.). — Algologisch-monographische Untersuchungen über das Hochmoor am Diebelsee, *Beitraege zur Naturdenkmalpflege*, Bd. XIII, fasc. 2, 1929.
 19. RAMPI (L.). — Note sur les Chrysostomatacées tertiaires de Santa Fiora, *Bull. Soc. franç. Microsc.*, vol. VI, fasc. 2, 1937.
 20. — Les Diatomées et les Chrysostomatacées d'une tourbe du Monte Amiata, *Ibid.*, vol. VI, fasc. 4, 1937.
-

EXPLICATION DES PLANCHES VII ET VIII

PLANCHE VII

- FIG. 1. — *Spongilla fragilis* POTTS, spicule gemmulaire: Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 2. — *Ephydatia fluvialis* AUCT., amphidisque. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 3, 4, 6, 7, 8. — *Ephydatia fluvialis* var., amphidisques variés. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 5. — *Ephydatia fossilis* TRAXLER, amphidisque. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 9. — *Carterius* sp. (cf. *tenosperma* ?), amphidisque. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 10. — *Ephydatia Mulleri* LIEBERKUHN, amphidisque. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 11 à 15. — *Ephydatia fossilis* TRAX., série d'amphidisques. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 16-17. — *Ephydatia fossilis* TRAX., amphidisques. Gross. : 650. Dépôt saumâtre de Kavna Bremia (Hongrie).
- FIG. 18-19. — *Ephydatia* sp. (*fossilis* ?), amphidisques de grande taille. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 20 à 22. — *Carterius* sp. ?, spicules intermédiaires entre oxes et amphidisques. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.

PLANCHE VIII

- FIG. 1 à 5. — *Carterius Stepanowi* DYB., amphidisques de longueur variée. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 6. — Cf. *Heteromeyenia argyrosperma* POTTS, amphidisque de la classe courte ? Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 7. — *Ephydatia fossilis* TRAX., amphidisque fortement épineux à disques étroits. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 8-9. — *Clericia robusta* (= *Cl. valida*) FRENG., Gross. : fig. 8, 650 env. ; fig. 9, 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 10-11. — *Clericia ampulla* FRENG., Gross. : fig. 10, 650 env. ; fig. 11, 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 12-12 a. — *Outesia yberiensis* FRENG., Gross. : fig. 12, 650 env. ; fig. 12 a, 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 13. — *Clericia paradoxa* RAMPI, Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 14. — *Outesia membranosa* FRENG. Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 15. — *Deflandreia adunca* FRENG., Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 16. — *Clericia* sp., Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 17. — *Outesia membranosa* FRENG., Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 18-19. — *Carnegia Joannis* ANDRIEU, Gross. : fig. 18, 650 env. ; fig. 19, 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 20. — *Carnegia aquila* nov. spec. (Holotype), Gross. : 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 21-22. — *Carnegia aquila* nov. spec. (Cotypes), Gross. : 1.300 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 23. — *Carnegia Pantocseki* FRENG., Gross. : 650 env. Lignite du Chambon.
- FIG. 24-25. — Éléments insolubles de la diatomite du lignite après destruction des matières humiques.

OBSERVATIONS PÉTROGRAPHIQUES SUR LA FEUILLE DE PONTIVY

PAR **E. Jérémie** ¹.

I. Sur quelques granites bretons. — II. Sur certaines dolérites. —
III. Sur les amphibolites.

I. — SUR QUELQUES GRANITES BRETONS

M. P. Pruvost, aidé dans sa révision de la feuille de Pontivy (levée par Ch. Barrois) par M^{lle} Le Maître, m'a invité à prendre part à leur campagne de 1943.

Les circonstances actuelles ont singulièrement limité le périmètre de nos recherches. Aussi, obligés de faire tous nos déplacements à pied, nous avons d'abord rayonné de 12 à 15 km autour d'Uzel, ensuite dans les environs de Plouguenast et, enfin, nous avons fait un court séjour à Pontivy.

Dans la première partie de cette note on trouvera l'étude des roches granitiques qui affleurent entre la station du chemin de fer d'Uzel à l'Ouest et Plessala à l'Est, et, de celles d'une carrière située aux environs de Pontivy.

Les échantillons de granite recueillis par nous n'ont pas été nombreux, les affleurements des roches fraîches, susceptibles de permettre leur étude microscopique avec utilité n'étant pas fréquents. Cependant, le peu de matériaux dont nous disposons apportent quelques résultats nouveaux, dont, certains méritent d'être signalés, bien que l'étude sur le terrain, n'ait été jusqu'alors qu'une simple reconnaissance.

OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN.

Le granite entre Uzel et Plessala est généralement à grain fin, homogène, localement porphyroïde. L'orientation apparente, très fréquente, ayant la direction EW ou NE-SW, est due à l'écrasement.

La variété la plus commune est certainement celle à biotite, à structure granitique, mais on rencontre aussi des granites à deux micas ou à structure granulitique. La pauvreté en affleurements

1. Note présentée à la séance du 6 novembre 1944.

ne permet pas de préciser les contours exacts de ces différents types, d'autant plus que l'écrasement contribue à rendre plus difficile la reconnaissance des minéraux et de la structure originaires.

Le granite à biotite, à structure granulitique est exploité dans plusieurs petites carrières situées dans le bois près de la Fontaine aux Chevreuils; on peut le suivre jusqu'à la Ville-es-Gicquiaux et le Champ Hervé (au S de la Chapelle).

Le granite à deux micas se rencontre à Chauchex au N du Champ Hervé, à l'Épine (N de Plouguenast), au S de Coupé (SE de Gausson).

Le granite porphyroïde apparaît en bandes dans le granite à biotite : à Catemoin (près de Plouguenast), aux environs de la gare du chemin de fer départemental près de Plouguenast et à Gausson. Tous ces granites sont écrasés plus ou moins fortement.

ÉTUDE AU MICROSCOPE.

L'examen des plaques minces a permis de reconnaître certains détails intéressants.

1. *Diorites quartziques.*

De prétendus « granites » recueillis à Coudray, à Ros (près de Plouguenast) et à Coupé (SE de Gausson) ne contiennent pas d'orthose. Leur feldspath est un plagioclase à 30 % d'anorthite. Les roches de ces trois gisements ont à peu près la même apparence : à grain fin, orientées. Celle de Coupé est claire d'un gris verdâtre, les deux autres plus foncées d'un gris jaunâtre.

La diorite quartzique (nom qu'il convient de leur donner) à Coupé est composée pour la plus grande partie par le quartz et le plagioclase. Les cristaux de feldspath sont brisés, cassés, tordus, disloqués en morceaux par le mouvement d'écrasement. Le quartz, en grains recristallisés, granoblastiques, arrondis ou ovoïdes, forme des bandes assez continues qui se fauillent entre les feldspaths. Des traînées de chlorite d'un vert pâle accompagnées de zoïsite et de muscovite, alternent avec des lits de quartz.

Les diorites quartziques de Ros et de Coudray sont plus pauvres en éléments légers et plus riches en minéraux colorés que celle de Coupé. Le plagioclase, nettement prédominant sur le quartz, est développé en assez grands cristaux, non concassés, mais seulement triturés suivant les bords dont les contours sont en dents de scie. Il est légèrement séricitisé. Le quartz, complètement broyé, en très petits cristaux, encadre chaque grain de feldspath. L'orientation est beaucoup moins nette au microscope qu'à l'œil nu. Des lits lenticulaires, interrompus,

de biotite, très fraîche, se glissent entre les feldspaths et sont accompagnés d'épidote et de zoïsite. Dans l'échantillon de Ros il s'y mélange de la muscovite et dans celui de Coudray, un peu de zircon et d'apatite.

2. Granite.

Un granite, porphyroïde par bandes, pauvre en feldspath calco-alcalin, mais riche en beaux cristaux de microcline, affleure dans la grande carrière de Catemoin (près de Plouguenast). Il a été probablement porphyroïde dans toute sa masse, mais les plus grands cristaux feldspathiques ont résisté plus longtemps à l'écrasement. Disposés actuellement d'une façon désordonnée, ils ont des contours arrondis.

On voit dans une plaque mince, faite dans la partie à grain fin, des cristaux de microcline à extinction ondulée, avec des macles défigurées, tordues. Ils sont contournés par des amas de quartz, parfois en amandes, et en grains de dimensions variées, et par des traînées de biotite. Cette dernière est associée à la muscovite et aux rares grains de zoïsite, aux teintes de biréfringence bleutées, caractéristiques de ce minéral très dispersif. De petits cristaux peu nombreux de plagioclase (à 25 % d'anorthite) sont entourés parfois par de la mirmékite.

En résumé, nos observations ont donné les curieux résultats suivants : de nombreuses roches à faciès granitique sont des *diorites quartziques*. Ne l'ayant reconnu sur le terrain, nous ne pouvons pas donner des précisions sur l'extension des diorites quartziques dans ce grand massif de roches écrasées. Ce sont peut-être des faciès de variation du granite enrichi de chaux. Seul, le prélèvement de nombreux échantillons peut résoudre ce problème. Signalons que c'est dans cette région de la feuille que les dolérites sont particulièrement développées et que c'est ici que les amphibolites forment aussi deux grandes bandes à l'Est de Plouguenast.

3. « Granite » de Plélauff.

J'ajoute à la description de roches recueillies par nous celle de deux échantillons qui se trouvent dans la collection pétrographique du Muséum. Les deux proviennent de Plélauff, près de Gouarec. Plélauff est situé, d'après la carte géologique de Ch. Barrois, dans la région du granite (à structure porphyroïde) de Rostrenen. Les deux spécimens, identiques à l'œil nu, sont à grain moyen, homogènes, sans grands cristaux de feldspath. De

couleur gris bleuté, ils sont riches en plagioclase limpide et en biotite noire. Les grains de quartz sont rares.

L'étude microscopique montre que le caractère principal de ces roches consiste en abondance de plagioclase et de biotite et en pauvreté ou même absence totale d'orthose.

Le plagioclase, zoné, avec labrador à 50 % d'anorthite au centre et andésine à 30 % sur les bords est frais, exceptionnellement un peu séricitisé; il englobe des lamelles de biotite et parfois de la calcite.

De très nombreuses et belles plages de biotite, d'un brun rougeâtre, renferment des inclusions d'apatite, de zircon et quelquefois de sphène (ce dernier souvent autour des grains d'ilménite). La biotite est, par places, verdie sur les côtés ou, rarement, transformée en chlorite (verdâtre, signe optique positif : pennine). J'ai trouvé dans l'une des deux roches deux ou trois plages d'orthose et de l'antiperthite à l'intérieur du plagioclase. L'autre est totalement dépourvue d'orthose. Les deux contiennent de place en place de la mirmékite. Le quartz, xénomorphe, plus abondant dans la roche avec orthose, montre un peu de broyage.

Ces déterminations au microscope permettent de définir ces deux « granites », conformément aux principes de la classification de M. A. Lacroix, de la façon suivante : celui plus riche en quartz, qui renferme en même temps de l'orthose peut être dénommé la *granodiorite*; l'autre, sans orthose et avec peu de quartz, se rapporte aux *diorites* quartzifères. Il est évident que recueillis au même endroit, probablement dans une même carrière, ils ne représentent que des faciès de variation d'une même roche, probablement d'un granite. L'analyse chimique que M. A. Lacroix a fait faire (par F. Raoult) sur l'échantillon contenant de l'orthose confirme ces conclusions. Ses paramètres magmatiques sont les suivants : II.4(5).3.3'.

SiO ²	59.30	SiO ² libre	11.64
Al ² O ³	17.50	Or	18.90
Fe ² O ³	0.49	Ab	23.58
FeO	5.36	An	21.68
MnO	0.05	Al ² O ³ libre	1.53
MgO	4.19		
CaO	5.06	MgSiO ³	10.50
Na ² O	2.81	FeSiO ³	7.66
K ² O	3.18	Ma	0.70
TiO ²	1.24	Ilm	2.28
P ² O ⁵	0.29	Ap	0.67
H ² O +	0.61	Fluorine	0.47
H ² O -	0.17		
Fl	0.23	An	47 %
	100.48	or	0,41
		plag.	

La potasse prédomine sur la soude; la chaux, la magnésie, le fer ferreux sont abondants et caractérisent les minéraux principaux: la biotite et le plagioclase, tandis que la teneur en silice totale est relativement faible pour un granite. Dans la classification de M. A. Lacroix les roches avec les deux derniers paramètres = 3.3 se rapportent au magma monzonitique. La présence ou l'absence du quartz permet de les assigner soit au granite, soit à la monzonite. Nous avons vu que la teneur en quartz exprimé et en quartz calculé n'est pas élevée, il y a tout lieu de considérer ces roches (vu une petite quantité d'orthose) comme des granodiorites passant à la monzonite ou à la diorite.

Ainsi le même fait se reproduit dans le massif plus récent de Rostrenen et dans le vieux granite d'Uzel-Plessala. Ch. Barrois signale l'existence de cette variété dans le granite de Rostrenen en plusieurs endroits (Plélauff, Le Héo en Plélauff, Keryvon en Lescouet, Pont-Cham en Bonen). L'étude stratigraphique le conduit à considérer que ce sont des accidents sans continuité qui se fondent dans la masse du granite porphyroïde. Il insiste sur la présence constante dans ce granite à grain fin d'amphibole que je n'ai pas trouvé dans les échantillons du Muséum¹.

4. Granite près de Pontivy.

Nous avons fait une courte incursion dans la région du granite de Pontivy (granulite de la carte). La carrière exploitée de Vernery, parmi de très nombreuses autres abandonnées, est ouverte dans un granite à grain moyen, avec des cristaux de microcline à peine un peu plus grands que ceux qui les entourent, mais n'atteignant pas des dimensions susceptibles d'attribuer à la roche l'appellation de porphyroïde.

Ils sont parfois alignés dans les plans parallèles. Le microcline est fréquemment maclé suivant la loi de Carlsbad et contient de la microperthite. Il est accompagné par le plagioclase (oligoclase à 15-20 % d'anorthite) très frais, maclé suivant la loi de l'albite. Les grains de quartz qui moulent ces minéraux, sont légèrement brisés, mais ne montrent pas d'extinctions ondulées. La biotite d'un brun rouge, riche en auréoles polychroïques, souvent associée à la muscovite à axes parallèles, n'est pas très abondante. Des lamelles de muscovite sont parfois incluses dans les plagioclases. L'apatite, minéral accessoire, n'est pas fréquente.

Ce granite calcoalcalin à 2 micas renferme de nombreuses enclaves, généralement plus mésocrates et à grain plus fin que la roche englobante.

1. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XII, 1884, p. 6.

5. Enclaves.

Le grain de ces enclaves est parfois sensiblement le même que celui du granite, mais la couleur est plus sombre, grâce à une quantité plus grande de barylites.

a) Enclaves à gros grain.

Elles n'ont pas de limites précises par rapport au granite et s'en distinguent par un enrichissement en grosses lames (jusqu'à 5 mm) des deux micas. En plaque mince, on constate l'absence de feldspath alcalin. Le quartz et le plagioclase (oligoclase à 25 % d'anorthite) prédominants, enveloppent des piles épaisses de biotite et de muscovite (associées à axes parallèles). La biotite est riche en auréoles polychroïques. La muscovite contient parfois des faisceaux d'aiguilles de sillimanite (se montrant en sections carrées (*p*) avec des plans de clivage en diagonale).

b) Enclaves à grain fin.

Une grande enclave de couleur grise frappe l'œil par sa richesse en biotite et se détache nettement sur le fond de la roche englobante, sa structure est granitique sans aucune schistosité, bien que la grosseur de grain soit un peu variable. Au microscope, on distingue une grande abondance de biotite, d'un brun rouge avec des auréoles polychroïques, une absence de feldspath alcalin, une multitude de grands et de petits prismes d'apatite, inclus dans tous les minéraux, mais de préférence dans la biotite. Le plagioclase (oligoclase à 15 % d'anorthite) est altéré soit au centre, soit suivant les fissures. La muscovite y est disposée, tantôt en bandes irrégulières, tantôt en lames isolées et parfois en fines lamelles logées dans les fentes du clivage. Le quartz est abondant et renferme des aiguilles de rutile.

Les enclaves sont parfois claires, jaunâtres, pauvres en éléments lourds, en l'occurrence en micas. Elles sont riches, au contraire, dans ce cas en quartz et en feldspath. Le plagioclase à macles polysynthétiques prédomine et appartient aux deux espèces : oligoclase à 20 % d'anorthite et albite à 5 % d'anorthite. De petits cristaux de microcline aux contours irréguliers remplissent les vides, laissés par les plagioclases. Les deux micas, la biotite (avec des auréoles polychroïques nombreuses) et la muscovite sont souvent associées. De très fines aiguilles d'apatite sont répandues partout.

J'attribue la formation de ces enclaves à la ségrégation par voie de différenciation des portions du magma granitique composées de mêmes éléments que le granite, mais en proportions variables. Leur caractère commun, qui les distingue en même

temps du granite, est leur richesse en minéraux lourds magnésiens, ferrifères ou calciques. C'est ainsi qu'elles sont dépourvues ou pauvres en feldspaths alcalins (orthose, microcline ou albite) qui sont remplacés par les plagioclases ; le quartz est moins abondant ; les micas constituent au moins un tiers de la roche, tandis que dans le granite leur quantité correspond presque à celle des minéraux accessoires. Il n'existe aucune réaction avec le granite et souvent le passage de l'enclave à la roche encaissante est insensible, surtout dans le cas des ségrégations à gros grain.

*
* *

En résumé, l'intérêt principal de cette étude réside dans la reconnaissance de la prédominance des roches *écrasées* dans le massif granitique ancien d'Uzel-Plessala et de la présence dans ces gisements des *diorites quartziques*. Le granite de Pontivy par sa fraîcheur et l'état intact de ses éléments constitutifs est nettement postérieur au premier, ce qui a été déjà signalé par Ch. Barrois qui désignait ce dernier comme « granulite » terme que nous évitons d'employer, car il ne qualifie que la structure classique de Michel-Lévy.

II. — SUR CERTAINES DOLÉRITES.

Sur la feuille de Pontivy la grande majorité des dolérites sous forme de filons sont remarquablement concentrés (voir carte géologique) dans la région NE de la feuille constituée en grande partie par des roches cristallines écrasées d'apparence granitique. Des filons de la même famille se rencontrent encore, mais très clairsemés, au centre de la feuille dans le « x » ou à l'W et SW, coupant le granite franc. Si la mise en place des dolérites sous forme de filons transversaux ou de sills est parfaitement nette dans ces gisements, tel n'est pas le cas pour ceux situés au N et à l'W de Merléac.

Les dolérites affleurent ici en nombreux points, dans les limites d'une zone dirigée sensiblement EW, longue d'environ 15 km, large de 200 à 500 m, interstratifiée à la limite des schistes dévonien et carbonifères. Ces schistes ne montrent pas de phénomènes de contact. Les dolérites, d'autre part, ne sont pas accompagnées de tufs et rien n'indique l'emplacement d'un centre volcanique d'où le magma serait issu. La question reste

done ouverte à savoir s'il existe soit un ou plusieurs sills, soit une coulée.

On a ainsi trois régions où ces roches sont développées ; l'étude microscopique permet de reconnaître que chacune d'elles est caractérisée par certaines particularités minéralogiques.

1. Dolérites dans la région de granites écrasés entre Uzel et Plessala.

L'écrasement du granite a ouvert le chemin pour la mise en place de nombreux filons de dolérite dans cette région, leur direction indique certainement le sens général des mouvements orogéniques et elle n'est pas aussi régulièrement EW que la carte l'indique. M. Pruvost a relevé plusieurs directions des filons dont les prédominantes sont ENE et WNW. Postérieures au granite (d'âge post-carbonifère), ces dolérites sont déjà assez anciennes, leur composition minéralogique a subi des transformations assez importantes, mais la structure est restée intacte, et leur intrusion est assurément post-tectonique.

Je ne signalerai que quelques-uns des nombreux filons de dolérite dont nous avons pu étudier les affleurements sur place ; ceux qui sont les plus importants par leur masse et les moins altérés.

A Colombier, 2 km à l'W de Plouguenast, sur la route de Maillot, un sill de 5 m de largeur, suit la route dans la direction ENE, il coupe le granite écrasé et se prolonge à l'Est au delà de la rivière Lié. Bordé d'un côté par une roche compacte noire légèrement litée, il est accompagné au Sud par trois autres plus petits filons.

Au N de Plouguenast, près du Pont de Pertuis, sur le tournant de la route vers Bouchenaux se trouve un filon vertical de 5 m d'épaisseur. A Plouguenast, près de la gare, un granite porphyroïde écrasé est traversé par un filon de dolérite de forme irrégulière avec de nombreuses apophyses dirigées dans tous les sens. Un filon de 1 m 50 traverse la route de Plouguenast dans le village de Gausson, etc.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE.

La roche du sill du Colombier possède une structure ophitique typique. De grandes plages d'amphibole, ayant les caractères optiques d'une ouralite, englobent, parfois entièrement, le plus souvent partiellement, les cristaux enchevêtrés de plagioclase. Elle entoure quelque-

fois les grains résiduels d'un pyroxène qui, par l'étude en lumière convergente, est une pigeonite (l'angle $2V$ entre les deux axes optiques ne dépasse pas 40°). L'ouralite se désagrège facilement en fibres qui s'insèrent dans les moindres fissures de feldspath. La biotite de couleur brune accompagne parfois l'amphibole ou la magnétite. Les cristaux de magnétite et d'ilménite de forme irrégulière, très disséqués, grillagés, englobent la biotite, l'amphibole et même le feldspath. Le plagioclase, par contraste avec le pyroxène, est parfaitement frais, zoné; on constate que le centre, plus basique (labrador à 60% d'anorthite) est bordé successivement par l'andésine (à 40% d'anorthite) et l'oligoclase (à 25% d'anorthite). Les cristaux d'apatite sont rares, un peu de calcite se voit par places.

La roche noire, à une des épontes du sill, ressemble extérieurement à une phanite ou à un basalte vitreux. On reconnaît en plaque mince une roche très fortement écrasée, nébuleuse, composée par des traînées discontinues, ondulées irrégulièrement, qui enveloppent des résidus d'une amphibole fibreuse, transformée par places entièrement en chlorite. Il ne subsiste rien du feldspath, qui est remplacé complètement par de petits cristaux de zoïsité. La magnétite et l'ilménite sont pulvérisées, leurs fragments broyés et la poussière qui en provient, disposés grossièrement en bandes, donnent à la structure une apparence fluidale. Des taches sales de leucoxène indiquent quelquefois l'emplacement ancien d'ilménite. La formation de cette roche curieuse peut être expliquée par un glissement du sill et un frottement intense contre une de ses parois. Ce mouvement a dû se produire après la mise en place et la consolidation de la dolérite. L'aspect extérieur corné, la structure compacte sont attribuables à l'écrasement plutôt qu'à un refroidissement plus rapide au contact de la paroi froide car les résidus d'amphibole de la roche ainsi malmenée sont du même ordre de grandeur que l'augite de la dolérite intacte.

Une dolérite identique se trouve très loin du Colombier sur la route d'Uzel à Grace (S d'Uzel) près Cardina, dans un chemin creux.

L'examen microscopique de cette roche montre que la pigeonite, généralement en voie d'ouralitisation, est par places parfaitement intacte. Le plagioclase, fréquemment épigénisé par la séricitite et la zoïsité, zoné, maclé suivant les lois de l'albite, de Carlsbad et du péricline, a la composition du labrador à 60% d'anorthite au centre et d'une andésine à 30% sur les bords. L'ouralite, d'un vert sale, fibreuse, est à son tour transformée partiellement en chlorite verdâtre, faiblement biréfringente (pennine). Le plagioclase est séricitisé, épidotisé et zoïsité. L'ilménite en grilles est assez fréquente, souvent ophitique par rapport aux autres minéraux. L'absence d'apatite et de sphène est à signaler.

D'après leur gisement les dolérites de cette première catégorie, mises en place après le plissement hercynien majeur, sont les plus récentes du Massif Armoricain.

2. Dolérites au Nord et à l'Ouest de Merléac.

Les affleurements de ces dolérites (notées ε^4 sur la première édition de la feuille de Pontivy) se suivent régulièrement de l'Ouest à l'Est, de Kerbrun jusqu'au chemin de fer des Forges en passant par le barrage de Bosméléac. On les retrouve dans une seconde bande située au S de la première entre Kerhoan (en Plus-sulien), Poroscoët (en Saint-Gilles), Merléac (à Boissière et à Cremehel). Très altérées, parfois à gros grain, souvent à grain fin, elles ne coupent pas en filons ou dykes transversaux les schistes carbonifères mais forment plutôt des bandes concordant avec la schistosité ou de petits massifs qui, grâce à leur résistance supérieure à celle des schistes émergent en relief sur un ensemble généralement plat. Les collines de Kerbrun, du Méné, de Kerlaurent, ainsi constituées atteignent 270 à 290 m d'altitude. Il s'agit ici d'éruptions bien datées grâce aux levés de Ch. Barrois. Elles sont d'âge carbonifère inférieur, immédiatement antérieures ou contemporaines de la transgression dinantienne.

Très souvent, particulièrement au S de Merléac, les dolérites voisinent avec des roches schisteuses qui attirent l'attention par leur coloration : jaunâtres ou grises par ailleurs, elles apparaissent ici bleutées ou verdâtres. Une belle croupe de ces roches schisteuses affleure à nu près du petit hameau de Cremehel. Malheureusement, leur contact immédiat avec les dolérites n'a pu être observé.

Ch. Barrois les a notées $\alpha \varepsilon^4$ sur la feuille de Pontivy et désignées sous le nom de « schistes diabasiques » mais sans les séparer des dolérites (ε^4) qui affleurent assez fréquemment dans les bandes où ces schistes se rencontrent (v. carte), ce qui donne une continuité inexistante à ces roches schisteuses.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE.

On distingue parmi ces dolérites deux types : l'un à gros grain et le second à grain fin.

a) Dolérites à gros grain.

Un petit massif isolé près du hameau Poroscoët (au Nord de Saint-Gilles) est formé par une dolérite cristallisée dans des conditions de tranquillité équilibrée, à une moyenne profondeur et après la fin des mouvements tectoniques. En effet, les cristaux de feldspath de 5 mm de largeur et d'un cm de longueur, ainsi que les autres minéraux ne

montrent pas la moindre trace d'écrasement, cependant l'effet du métamorphisme régional dans la zone supérieure est assez marquant. Les grands cristaux de plagioclase, maclés seulement suivant la loi de l'albite, sont transformés en albite et zoïsité (il s'y joint un peu de séricite et de chlorite). Cette dernière forme de beaux petits cristaux aux contours cristallographiques nets, zonés, maclés, de teinte de biréfringence gris bleuté caractéristique; ces mêmes cristaux se rencontrent en dehors des feldspaths, dans les interstices, où ils sont enveloppés par la chlorite. Les cristaux très dispersés d'augite sont en voie de transformation en ouralite fibro-lamellaire, chlorite et sphène. Enfin, l'ilménite en grains xénomorphes, bordée de leucoxène, est assez abondante.

La dolérite de Bosméléac (près du barrage) appartient au même type. Sa structure est un peu hétérogène : de longues et larges lames de feldspath albitisé voisinent avec des lames très petites, parfois presque microlitiques. Le pyroxène (pigeonite) est souvent d'une grande fraîcheur. Les interstices sont remplis par de la chlorite associée à l'épidote, à la zoïsité et à un peu d'ouralite. L'ilménite forme de grands cristaux, parfois dentelliformes, transformés par places en leucoxène terreux.

b) *Dolérite à grain fin.*

Nous les avons recueillies dans la bande au Sud de Merléac. Tout à fait à l'Ouest, à Keroan-en-Plussulien, la roche est très altérée. Le pyroxène (pigeonite avec l'angle $2V$ d'environ 40°) est ouralitisé, mais subsiste quelquefois au centre; il possède des macles suivant h' , une grande extinction voisine de 45° et un plan de séparation suivant h' . L'ouralite fibro-lamellaire, d'un vert pâle ou presque incolore, maclée polysynthétiquement est mélangée à l'épidote et à la zoïsité. Il s'y joint parfois un peu de biotite. L'ilménite, assez abondante, est entourée d'un mince liseré de sphène. Les interstices sont occupés par de la chlorite, on y voit quelquefois de petits grains de quartz. L'apatite qui se présente en longs et fins bâtonnets est rare.

Un petit rocher de dolérite affleure près du hameau de Cremehel, à la pointe d'une boucle du rigole d'Hilvern. L'étude en plaque mince montre qu'elle est identique à la précédente. Il ne reste plus trace de pyroxène, tandis que l'ouralite, légèrement colorée en vert, est disséminée partout. Le plagioclase est entièrement remplacé par l'épidote, la zoïsité et l'albite. La chlorite, l'ilménite, le leucoxène sont des minéraux accessoires. Le quartz, probablement secondaire, forme parfois des amas.

Non loin de là, dans un chemin creux de Rigolvan à Merléac, près du hameau de Boissière, la dolérite prend l'allure d'un schiste à petits éléments, verdâtre, feuilleté. La structure ophitique est encore reconnaissable au microscope. Mais les feldspaths ont une tendance à l'orientation et à une disposition fluidale et sont complètement albitisés et zoïsitisés. Cette roche représente un fouillis de minéraux secon-

daïres : ouralite, zoïsite, épidote, albite, leucoxène, chlorite. Cependant, on reconnaît encore de petits grains de pyroxène. Cette dolérite est certainement en voie de transformation en un schiste cristallophyllien.

3. *Chloritoschistes.*

Ces dolérites tellement modifiées sont accompagnées par des chloritoschistes, parfois amphiboliques (« schistes diabasiques » de Ch. Barrois). Ils sont particulièrement bien développés à Cremehel. Fissiles, à grain très fin, de couleur verdâtre ou bleutée, ils ont, à peu de chose près, une composition identique.

Sur le fond constitué par de fines lamelles de chlorite, sont disséminés l'épidote (fréquemment très abondante) l'ilménite, entourée ou complètement épigénisée par le leucoxène, un peu de quartz et quelquefois de petits grains et cristaux de feldspath. L'épidote, parfois très clairsemée, est certainement de la dernière formation, elle se présente en boutonnières aux contours découpés et donne l'impression de phénoblastes. Certains échantillons sont presque aussi riches en amphibole qu'en chlorite.

Nous avons recueilli un chloritoschiste de même nature au barrage de Bosméléac. On n'observe en plaque mince que de fines lamelles de séricite accompagnant la chlorite prédominante; l'ilménite entourée de leucoxène forme de nombreuses taches et — chose surprenante — ce schiste est extrêmement riche en bâtonnets et sections hexagonales d'*apatite*.

Ces chloritoschistes posent un problème très intéressant. L'idée première de M. Pruvost a été qu'ils représentent le détritus cimenté et consolidé des dolérites qui formaient des falaises battues par la mer carbonifère. Il y a pourtant des objections à faire à cette hypothèse.

1° Ce ne sont pas des roches élastiques, elles ont un caractère nettement cristallophyllien, à structure fissile et homogène. Elles ne contiennent comme élément doléritique que l'ilménite, exceptionnellement l'amphibole en très fines fibres. Si on peut admettre que la chlorite et l'épidote sont des produits de transformation des minéraux de la dolérite, la pauvreté en feldspath (ou même son absence) est inexplicable. Les « roches vertes » dans les Alpes considérées comme des gabbros ou des dolérites modifiés, sont souvent schisteuses et riches en chlorite, mais elles contiennent, en abondance de l'albite.

2° Les dolérites dont ils proviendraient conservent intacts les caractères de roches éruptives et ne présentent aucune trace

d'écrasement ou de phénomènes de recristallisation. Comment admettre dans ce cas que les roches qui en proviennent et sont de ce fait postérieures, seraient à structure schisteuse et totalement transformées, cependant qu'elles occupent le même niveau stratigraphique. Sauf leur coloration verdâtre, elles ont le même faciès que les roches fissiles, finement feuilletées, environnantes : schistes dévonien et carbonifères.

Étant donné leur voisinage constant avec les dolérites, il reste encore à supposer que leur aspect et composition sont dus aux modifications par le métamorphisme de contact. J'ai revu dans la collection du Muséum les schistes métamorphisés au contact des dolérites. Or, ils ne sont pas fissiles, mais compacts, cornés, presque toujours tachetés, renferment des minéraux caractéristiques tels que la cordiérite et la biotite, et sont riches en outre en quartz. L'épidote y est fréquente, mais la chlorite se rencontre rarement.

Une étude plus détaillée, sur le terrain permettra peut-être d'arriver à une conclusion satisfaisante. Il est nécessaire pour le moment de désigner ces schistes sur la carte géologique par un signe spécial et provisoire.

4. Autres filons de la même famille au centre et dans la partie SW de la feuille.

Il me reste à présent à dire quelques mots sur les filons qui coupent le « x » ou les granites dans d'autres régions de la feuille de Pontivy.

Nous les avons rencontrés accidentellement et l'un de ceux que j'ai étudiés ne se trouve pas sur la feuille de Pontivy. Mais ils présentent de l'intérêt à certain point de vue et méritent d'être étudiés en détail.

A l'W de Pontivy, sur la rive droite du Blavet, un filon d'une roche foncée de couleur gris verdâtre, traverse la route de Saint-Tréphime. L'érosion a fait ressortir à la surface de très nombreux cristaux d'amphibole dont les clivages brillent à la cassure.

On constate, en plaque mince, que la structure est microgrenue. Les phénocristaux de hornblende se désagrègent vers les bords en fibres et ces dernières se promènent un peu partout. La hornblende verte est très riche en inclusions, parmi lesquelles on reconnaît le sphène et l'épidote. Ces grands cristaux sont entourés par une pâte composée de petits cristaux et de grains granulitiques ou granoblas-

tiques de plagioclase avec des macles fines dont la détermination s'avère difficile à effectuer (probablement un labrador à 50 % d'anorthite car les extinctions dans la zone de symétrie perpendiculaire à g' sont assez élevées et l'indice de réfraction est sensiblement plus fort que celui du Baume de Canada). L'ilménite entourée de sphène, la pyrite et l'apatite sont des minéraux accessoires.

D'après cette détermination il s'agirait d'un *gabbro* ou d'un *microgabbro* en voie de recristallisation et de transformation en amphibolite.

Un stade identique de début de transformation en amphibolite est présenté par un autre filon, situé un peu en dehors de la feuille de Pontivy, sur celle de Saint-Brieuc, au Nord du Pas, aux Ecrédès. La roche de couleur gris verdâtre, montre à l'œil nu de nombreuses faces de clivage brillantes et soyeuses d'amphibole. On reconnaît en plaque mince qu'elle est composée principalement par de grands cristaux d'amphibole qui englobent à la manière ophitique des cristaux de plagioclase disposés dans tous les sens (comme dans une ophite typique). De petits prismes d'amphibole, parfois des aiguilles, sont répandus partout d'une façon désordonnée. Les espaces laissés par de grandes plages d'amphibole sont remplis par des plagioclases de petite taille salis par de fins grains d'épidote et de zoïsite et albitisés jusqu'à l'oligoclase à 15-20 % d'anorthite. La roche contient en outre de beaux cristaux, souvent grillagés d'ilménite et de nombreux petits prismes d'apatite.

La structure ophitique des grands cristaux de hornblende permet de supposer que la roche est d'origine doléritique; d'autre part sa composition et la structure granoblastique de la pâte où l'amphibole n'est ni microlitique, ni grenue, mais fibreuse, rappellent certains gabbros en voie de transformation en amphibolite.

Ces deux roches offrent beaucoup d'intérêt au point de vue général, car elles permettent d'attribuer éventuellement une origine éruptive aux amphibolites qui se rencontrent en plusieurs points sur la feuille de Pontivy apparaissant dans les granites et les schistes sous forme de bandes transversales ou de massifs peu importants.

En résumé, les roches filoniennes mésocrates sur la feuille de Pontivy font preuve de 3 modes de formation différente dans le temps et dans l'espace.

Les unes, coupant en dykes et filons les granites écrasés, sont post-tectoniques et les plus récentes parmi les types filoniens bretons. La roche elle-même est relativement fraîche.

Les secondes sont en partie interstratifiées à la limite du Dévonien et du Carbonifère en sills ou peut-être en coulée et d'autre part forment probablement de petits massifs du même âge. Elles sont modifiées et les nouveaux minéraux (albite, zoï-

site, uralite) qui épigénisent les anciens, indiquent le séjour de ces roches pendant un certain temps dans la zone supérieure du métamorphisme (zone « épi »).

Enfin, les troisièmes se présentent en dykes ou filons, cependant les transformations qu'elles ont subies consistent non seulement dans l'apparition des minéraux néogènes, mais aussi dans leur recristallisation. Elles appartiennent donc à une zone de métamorphisme plus profonde que celle du second type et sont probablement les plus anciennes parmi les roches filoniennes bretonnes.

III. — AMPHIBOLITES

Les amphibolites ont été signalées et figurées sur la feuille de Pontivy par Ch. Barrois, sous forme de deux bandes isolées dans les « micaschistes granulitiques » à l'Est de Plouguenast. Nous avons visité plusieurs carrières de ces roches, d'abord près du pont de Pertuis (N de Langast), ensuite près de Plessala (carrière de la cote 219 et carrière sur la route de Langast).

1. Amphibolite du Pont de Pertuis.

Cette roche sombre, brillante, est composée essentiellement par une hornblende, d'un vert pâle en lame mince, développée en plages de taille variée, allant de 3 mm jusqu'à 0,5 mm. A peine polychroïque, maclée suivant h' , s'éteignant à 17° , dans les sections de biréfringence maximum, elle contient des inclusions de sphène en beaux cristaux réguliers. Les espaces, parfois très exigus, entre ces cristaux sont remplis par des grains de plagioclase de dimensions variées, mais surtout très petits, maclés suivant les lois de l'albite et de la péricline. Les lamelles hémitropes sont extrêmement fines et leur croisement donne par places l'effet rappelant le grillage caractéristique du microcline. Cependant, l'indice de réfraction est plus fort que celui du Baume de Canada et l'angle d'extinction dans les sections appropriées met en évidence une andésine à 45 % d'anorthite. Rarement elle renferme un peu de séricite et en outre (ainsi que la hornblende) quelques grains de calcite. La roche est d'une fraîcheur remarquable et possède une orientation très évidente.

2. Amphibolite de Plessala.

La roche d'un vert très sombre, parfaitement litée, est traversée par de nombreux filons blancs, où l'on distingue, à l'œil nu, du plagioclase à macles répétées, du quartz et quelques cristaux d'amphibole. L'amphibolite paraît s'enrichir en feldspath à proximité des filons qui se multiplient par places en plusieurs bandes, parallèles aux plans de la schistosité.

Cette amphibolite ainsi que celle de Pertuis font probablement partie du même massif. Elles sont composées des mêmes minéraux : l'amphibole, le plagioclase, le sphène, mais celle de Plessala est moins riche en amphibole ; les plagioclases, plus nombreux, y sont moins basiques (à 35 % d'anorthite). Elle est comme diluée, en comparaison avec la roche de Pertuis, par les éléments blancs, parmi lesquels il est intéressant de signaler la présence d'un peu de quartz, en agrégats ou en grains isolés. Il faut certainement attribuer ces différences à l'injection de filons et filonnets d'une roche blanche très feldspathique, sorte d'une plagioclasolite quartzique dont voici la description.

3. *Plagioclasolite quartzique.*

Cette roche se distingue par une abondance de quartz, remarquable par la présence de belles inclusions liquides à bulle mobile. Le minéral prépondérant est une oligoclase à 25 % d'anorthite, presque intacte, à l'exception de quelques cas où les macles sont tordues, tandis que le quartz est fortement écrasé, réduit parfois en un amas de grains à structure en mortier et à extinction ondulée.

Étant donné que les filons, surtout quand ils sont minces, renferment quelques cristaux d'amphibole et que l'amphibolite s'enrichit en feldspath et se charge de quartz au voisinage des filons, il faut en conclure que les réactions mutuelles entre les deux roches ont donné lieu aux phénomènes d'endomorphisme et d'exomorphisme.

J'ai distingué à une des salbandes d'un filonnet (d'un cm de largeur) une zone de friction, où le feldspath et le quartz sont triturés jusqu'à l'extrême finesse.

Le granite écrasé à la proximité de ces amphibolites est très altéré. Nous l'avons recueilli non loin de Pertuis, au Pontgamp, au N de Langast. Il contenait probablement de la biotite et de la muscovite, on aperçoit actuellement des lames de muscovite et des paillettes de séricite, tandis que la biotite est épigénisée par un minéral passant à la chlorite, vert et polychroïque, moins biréfringent que la biotite. Les grands feldspaths sont devenus ovoïdes après la trituration de leurs bords ; l'altération avancée n'en permet pas la détermination exacte. Ils sont entourés par de larges traînées de très petits grains, produits d'écrasement du quartz et des feldspaths, parsemés par des lames de muscovite et de la biotite (en voie de chloritisation). Les minéraux accessoires sont représentés par des cristaux de zircon et des aiguilles de rutile (plus abondantes au voisinage des micas).

Nous avons recueilli dans une tranchée au NE du Pont Gamp des schistes fortement redressés, avec une faible inclinaison au N. Ils se présentent comme des micaschistes blancs, dont l'éclat argenté à la surface est dû aux couches de mica. On constate en lames minces que les lits micacés sont moins épais que les lits de quartz avec lesquels

ils alternent. Dans les bandes micacées, la muscovite est souvent en voie d'altération. Le quartz est écrasé, ses cristaux sont souvent tordus. Quelques grains de plagioclase sont à signaler.

Un lit de 50 cm de largeur d'une roche compacte, mate, verdâtre, à grain extrêmement fin, se trouve interstratifié dans ces schistes (direction NE-SW). Il est composé de paillettes de séricite empilées les unes sur les autres, d'une façon très serrée et imprégnées de grains excessivement petits de quartz. Le quartz forme en outre des lentilles allongées constituées également par de très petits grains. Le plan de schistosité déterminé par des lits de mica et des lentilles de quartz dirigés dans le même sens, paraît confus et sous les nicols croisés, en tournant la platine du microscope à 20° environ, par rapport à ce plan, on aperçoit qu'il existe une autre direction de schistosité dessinée par des traînées de mica.

Il est probable que ce schiste a passé par deux phases orogéniques et chacune a dû laisser l'empreinte des directions de forces qui agissaient dans un sens déterminé.

Il est vraisemblable dans ce cas que ce schiste est cambrien ou précambrien, désigné par Ch. Barrois comme « schiste granulitique » de la carte.

Les amphibolites se trouvent dans la région des granites écrasés et des schistes (« schistes granulitiques ») cristallophylliens les plus anciens de la région. La description des amphibolites a souligné l'absence des minéraux de la zone superficielle du métamorphisme, une structure nettement granoblastique et orientée, ainsi que leur grande fraîcheur. Elles sont donc certainement formées à une plus grande profondeur que les micaschistes. Au moment d'écrasement des granites elles se trouvaient très loin en profondeur de la zone atteinte par le broyage.

Les roches dont la modification leur a donné naissance sont-elles éruptives ou sédimentaires? Nous n'avons pas des preuves absolues pour choisir entre ces deux alternatives. Cependant, on ne connaît pas de roches calcaires ou marneuses dans le socle ancien de cette partie de la Bretagne. D'autre part, certaines dolérites (Ecrédès, Saint-Tréphime), beaucoup moins anciennes que les amphibolites, montrent nettement une tendance à la recristallisation et un passage aux roches composées essentiellement par l'amphibole et le plagioclase. Le petit nombre des bandes amphiboliques, leur faible puissance, leur isolement, sont autant de preuves qu'elles sont formées à la place de roches développées accidentellement, c'est-à-dire en filons et d'une composition très simple, correspondant aux dolérites ou aux diorites.

UNE NOUVELLE ESPÈCE DE CRUSTACÉ DÉCAPODE,
PALÆOPHOBERUS PORTLANDICUS,
 DÉCOUVERTE DANS LE PORTLANDIEN DU PAYS DE BRAY.

PAR Jean Roger ET Albert F. de Lapparent ¹.

NOTES STRATIGRAPHIQUES. — Dans son étude fondamentale sur le Pays de Bray, A. de Lapparent ² avait fait connaître en détail la succession des couches jurassiques qui affleurent dans la partie centrale de la célèbre boutonnière.

Depuis cette date (1879), d'intéressantes précisions ont pu être apportées à diverses reprises relativement au Jurassique du Bray.

C'est d'abord Paul Lemoine qui indique ³ dans le « calcaire lithographique », précédemment rapporté au Kimmeridgien, des formes caractéristiques du Portlandien : *Pachyceras gigas* —, *Perisphinctes rotundus* —, *Trigonia Edmundi*. Par suite de la valeur qu'il faut attribuer aux zones d'Ammonites, on doit faire commencer le Portlandien avec le « calcaire lithographique » ; les argiles superposées, malgré qu'elles contiennent encore *Exogyra virgula*, seront donc aussi portlandiennes ; on sait d'ailleurs que cette Exogyre n'est pas cantonnée dans le Kimmeridgien.

Le même auteur signale ensuite ⁴ la présence d'exemplaires entiers et bien conservés d'Astéries, *Astropecten rectus* WRIGHT, dans un calcaire du Portlandien de Dampierre au NW de Gournay-en-Bray.

Plus tard, le sondage de Ferrières-en-Bray ⁵, poussé jusqu'au socle de micaschistes, a fait connaître l'épaisseur des argiles kimmeridgiennes et a fourni des documents imprévus sur la nature et l'épaisseur de toute la série jurassique subordonnée.

Récemment enfin, R. Laffitte ⁶ a découvert des Ammonites (*Perisphinctes Gorei*, *P. lapideus*), caractéristiques du Portlan-

1. Note présentée à la séance du 4 décembre 1944.

2. A. DE LAPPARENT. Le Pays de Bray. *Mém. Carte géol. France*, 1879.

3. P. LEMOINE. Révision de la feuille de Neufchâtel. *Bull. Carte géol. France*, XVI, C. R. collab. 1904, p. 18-19.

4. P. LEMOINE. Sur la présence d'Astéries dans le Portlandien supérieur du Pays de Bray. *Bull. Soc. Amis Sc. Nat. de Rouen*, 1907.

5. P. PRUVOST. Coupe géologique du sondage de Ferrières-en-Bray. *CR. Ac. Sc.*, t. 186, 1928, p. 242.

6. R. LAFFITTE. Sur l'âge des sables à Trigones du Jurassique terminal du Pays de Bray. *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1939, p. 155.

dien supérieur marin (Bononien) dans les sables à *Trigonia gibbosa* et *T. incurva* de Sully, au N de Gournay. R. Laffitte pense en outre que le faciès purbeckien pourrait commencer déjà dans les sables à Trigones, où l'on rencontre des bois flottés, et se poursuivre, surtout vers le SE, par des graviers et lits de galets difficiles à séparer du Wealdien.

Compte tenu de toutes ces observations, on doit désormais grouper de la manière suivante les couches jurassiques qui affleurent dans le Pays de Bray¹ :

WEALDIEN	{	Sables blancs à débris charbonneux, avec localement graviers et lits de galets à la base (Purbeckien ?).
PORTLANDIEN SUPÉRIEUR	{	6. Sables et grès à Trigones, <i>Perisphinctes Gorei</i> , <i>P. lapideus</i> .
PORTLANDIEN MOYEN	{	5. Marnes bleues, grès et poudingues, bancs calcaires à <i>Ostrea dubiensis</i> , <i>Astropecten rectus</i> .
	{	4. Grès calcaires et sables à <i>Anomia lævigata</i> , <i>Hemicidaris Hoffmanni</i> .
	{	3. Marnes blanchâtres à <i>Ostrea catalaunica</i> .
PORTLANDIEN INFÉRIEUR	{	2. Argiles et lumachelles à <i>Exogyra virgula</i> (60 m).
	{	1. « Calcaire lithographique » à <i>Pachyceras gigas</i> (4 m).
KIMMERIDGIEN	{	Argiles inférieures à <i>Exogyra virgula</i> (170 m, d'après le forage de Ferrières-en-Bray).

*
* *

Nous faisons connaître aujourd'hui une nouvelle découverte paléontologique effectuée dans le Portlandien moyen du Pays de Bray.

Le Service des Ponts et Chaussées du département de l'Oise, recherchant des matériaux d'empierrement, avait ouvert, il y a quelques années, une grande carrière au flanc méridional du Pays de Bray, au S du village d'Hannaches, à 6 km à l'ENE de Gournay. L'exploitation est située vers 150 m d'altitude, sur la grande pente exposée au N qui domine le ruisseau passant au pied d'Hannaches. La carrière se trouve sur la feuille de Rouen au 1/80.000^e, mais n'est pas figurée sur la troisième édition (1930); tandis que le village d'Hannaches lui-même est sur la feuille de Neufchâtel, à la limite des deux cartes.

Malgré l'état actuel de l'exploitation, abandonnée depuis trois ou quatre ans, on y reconnaît de haut en bas la succession classique des couches du Portlandien moyen :

1. Feuille de Neufchâtel au 1/80.000^e, 2^e édition, réimpression, 1939.

5. Marnes bleues et bancs calcaires livrant d'assez nombreux fossiles : *Ostrea dubiensis*, *O. bruntrutana*, *Trigonia Pellati*, *Pleuromya tellina*.

4. Grès calcaire à *Anomia lævigata*. Ce niveau est actuellement mieux visible dans une nouvelle carrière, ouverte à 1 km à l'W du clocher d'Hannaches ; les bancs y sont affectés d'un plongement vers le SW de 3°.

3. Marnes blanchâtres à *Ostrea catalaunica*.

Dans un morceau de calcaire à grain passablement fin, un peu gréseux, provenant de la couche n° 5, a été récolté en 1942 un intéressant Crustacé. C'est la première fois qu'un Crustacé est signalé dans le Portlandien du Pays de Bray et l'on sait qu'à part de rares gisements privilégiés, les restes de ces animaux ne sont pas fréquents au Jurassique. L'étude paléontologique qui va suivre montrera en outre l'intérêt de cette forme, qui complète heureusement nos connaissances sur les Crustacés fossiles.

*
* *

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE. — Les restes de Crustacé décapode recueillis dans le Portlandien d'Hannaches en Pays de Bray sont représentés par le moule interne du céphalo-thorax, accompagné de l'empreinte externe, mais à peu près sans trace du test. En outre les deux grosses pinces, des portions des antennes, etc., sont observables. L'ensemble possède la couleur marron que prennent souvent les restes de Crustacés en milieu calcaire.

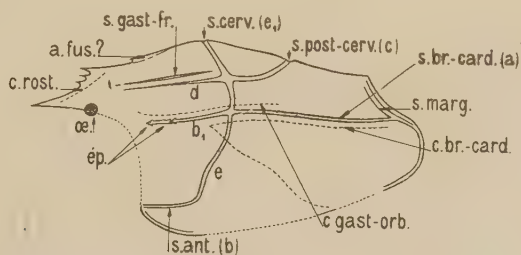


FIG. 1. — Vue latérale de *Palaeophoberus portlandicus* n. sp., gr. nat.
(légende dans le texte).

Description (fig. 1). — Le céphalo-thorax mesure environ 45 mm de la pointe du rostre, jusqu'au bord postérieur, sa hauteur maxima est de 25 mm. Dans l'ensemble il paraît trapu, plus haut vers l'avant que vers l'arrière, où les lignes dorsale et ventrale se rapprochent sensiblement. Il semble à peu près cylin-

drique, avec tendance à l'aplatissement dorso-ventral dans sa partie supérieure. Le rostre est court, pointu, il plonge un peu vers le bas et porte trois épines supra-rostaes, mais il n'existe pas d'épines infra-rostaes. On observe en outre, une, peut-être deux dents carénales.

Les éléments essentiels à retenir sont les sillons et les carènes.

Le sillon cervical (*ee1*), est bien marqué vers le haut sur une faible étendue, où il semble dirigé légèrement en arrière. Devenant plus faible par la suite il descend suivant un trajet faiblement oblique vers l'avant dans son ensemble, mais en réalité il ondule quelque peu dans la région inférieure où il se recourbe enfin à angle droit, donnant le sillon antennaire (*b*). Le sillon branchio-cardiaque (*a*) est nettement reporté vers le haut. Une semblable position élevée du sillon (*a*) s'observe dans le genre *Homarus*. En arrière il part à peu près à mi-hauteur de la courbure postérieure du céphalo-thorax, suit un trajet faiblement convexe vers le haut, courant donc parallèlement au bord supérieur de la carapace. Le sillon (*a*) recoupe à peu près à angle droit le sillon (*ee1*) au voisinage duquel il s'élargit. Directement vers l'avant il se prolonge par un sillon aussi large que lui qui sera considéré comme représentant le sillon hépatique (*b1*).

A ces deux systèmes majeurs de sillons viennent s'en ajouter d'autres moins bien marqués et plus difficiles à débrouiller. Légèrement en arrière du sillon (*e1*) en existe un second, moins marqué, court; d'abord parallèle à (*e1*), il se recourbe ensuite à angle droit vers l'avant et rejoint (*e1*). On peut le considérer comme sillon post-cervical (*c*). Au delà de (*e1*) il se continue par un élément plus large, s'effilant ensuite dans la région antérieure, c'est le sillon gastro-orbitaire (*d*). Très proche et parallèlement à lui se trouve, situé un peu plus haut, un second sillon, commençant un peu en retrait en arrière. Il est peu marqué, très fin, et peut être considéré comme sillon gastro-frontal. Vers l'avant il se termine en pointe aiguë, au niveau de la base du rostre, où se trouve une sorte de petite dépression transverse, située dorsalement par rapport au sillon et dont la signification me paraît obscure (ce n'est sans doute qu'un effet de la fossilisation).

L'existence d'une aire fusiforme, de toute façon très réduite en largeur et même en longueur, ne peut être affirmée.

Le sillon marginal est bien visible sur toute la partie, d'ailleurs importante, où le bord de la carapace est conservé. Dans la région postérieure il s'écarte un peu du bord et devient plus large.

Les carènes vont montrer des particularités surprenantes. La carène dorsale est très peu marquée. Parallèlement au sillon

hépatico-branchio-cardiaque nous remarquons une seconde carène, située au-dessus de lui, c'est-à-dire au-dessous du sillon gastro-orbitaire, c'est une carène gastro-orbitaire.

Parallèlement à elle, mais au-dessous du sillon branchio-cardiaque et décalée vers l'arrière, se trouve la carène branchio-cardiaque, qui donne une ramification dirigée à angle aigu vers le bas et vers l'arrière en partant de son extrémité antérieure. Cette branche est passablement surprenante et je ne connais rien d'identique comme position et orientation chez les autres Crustacés décapodes. Il convient de remarquer que chez les Crustacés fossiles on n'attache qu'une minime importance aux carènes qui ne s'observent que rarement. Un exemplaire de *Hoploparia* de Charmouth (Angleterre), se trouvant dans les collections du Laboratoire de Paléontologie du Muséum, montre cependant l'indication assez nette d'une carène longitudinale. Enfin la carène rostrale s'observe facilement, elle suit le bord supérieur du rostre et épouse sa forme incurvée.

On remarque encore quelques épines, notamment deux bien marquées dans la région antérieure du sillon (*bf*), ce sont donc des épines hépatiques. Sans pouvoir être affirmatif il me semble que l'ornementation générale du test était formée de granulations de taille moyenne mais variable.

Appendices (Fig. 2).

Au-dessous du rostre, vers sa base, un élément de forme arrondie, visiblement écrasé, portant des traces d'une délicate marqueterie, observable à l'aide d'un bon grossissement, représente l'œil.

Les antennes proprement dites (A_2) existent seules. Le fouet, unique, robuste et long, est conservé partiellement. Pour l'une de ces antennes le pédoncule montre les deux ou trois derniers articles, ce qui suffit pour prouver que vers l'avant il dépasse nettement la pointe du rostre. Le scaphocérîte, atteignant l'extrémité du pédoncule, a ses deux bords quasi-parallèles, mais l'extrémité distale se rétrécit très rapidement et se termine par une petite pointe au bord externe. La surface paraît présenter de petits plis parallèles à ce bord.

Les grandes pinces (*P1*) sont en majeure partie conservées. On peut observer une portion du méropodite, le carpopodite, le propodite brisé à l'extrémité et le dactylopodite dont l'extrémité manque également. Cet ensemble ayant 6 cm de longueur, on peut donc estimer à au moins 8 cm celle de tout l'appendice. L'articulation méropodite-carpopodite présente une pointe sur l'un de ses bords. Le bord antérieur du carpopodite est lobé. Le pro-

podite et surtout la base de l'index paraissent gonflés. Le mode d'articulation du dactylopodite avec le propodite n'est pas facilement observable, cependant le dactylopodite est bien vers l'intérieur.

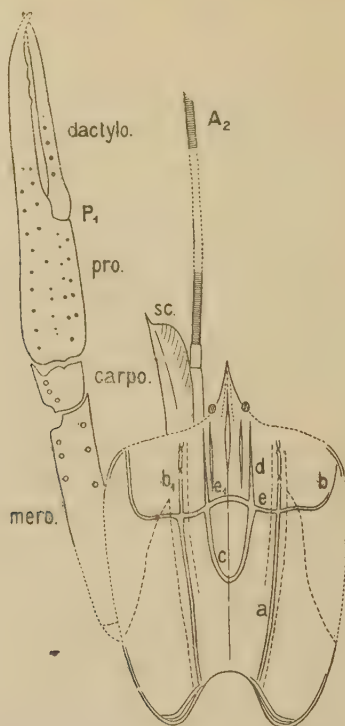


FIG. 2. — Vue par la face tergale de *P. portlandicus* n. sp., montrant les sillons et carènes de la carapace céphalo-thoracique, les antennes (*A 2*) et les grosses pinces (*P 1*), gr. nat. (légende dans le texte).

Sur les pinces on peut observer des restes du test qui paraît passablement épais mais très décortiqué. L'ornementation de l'ensemble était sans doute assez peu vigoureuse. Le méropodite montre quelques gros tubercules sur l'un de ses bords. Le carpopodite montre des tubercules plus nombreux de taille variable. Les pinces devaient être couvertes de poils ou épines creuses, dont l'érosion rend l'apparence très changeante, le plus souvent ces ornements ont l'aspect de piqures d'aiguille. Aux bords en regard de l'index et du pollex se trouve une rangée de tubercules.

Position systématique. — Il est impossible de discuter à fond la

question de la signification phylogénique de ce spécimen, car il comporte seulement un moule, dépourvu de pléon, et dont les appendices sont très incomplets. S'il ne peut s'agir de donner un avis sur la classification, entièrement remaniée depuis une dizaine d'années, des Malacostracés Décapodes, il me sera cependant possible de justifier le rattachement de cette forme du Pays de Bray aux *Phoberinae*, de montrer qu'elle présente des caractères rappelant les *Eryonidae* et par certains côtés archaïques.

L'ancienne division des *Decapoda* en *Macrourea*, *Anomoura* et *Brachyoura*, œuvre de Latreille et Milne-Edwards, fut critiquée par Boas, en partant d'observations sur les Crustacés actuels. Ainsi lui fut substituée la division en deux sous-ordres : les *Natantia* et les *Reptantia*. Cette classification, malgré ses imperfections, fut longtemps admise ; sans doute répondait-elle assez bien aux exigences de la systématique des *Decapoda* actuels. L'étude des fossiles a cependant rendu caduque cette subdivision, ainsi que le prouvent les classifications proposées depuis près d'une vingtaine d'années. Beurlen en 1928 (1), à la suite d'une étude des Décapodes jurassiques de Souabe, admet deux sous-ordres : les *Rostralia* et les *Arostralia*, cette distinction ne semble pas avoir été maintenue par la suite. La nouvelle classification proposée par Beurlen et Glaessner en 1930 (2), sera sans doute moins éphémère, car elle fut adoptée déjà par Martin (3). Elle établit également deux sous-ordres : les *Trichelida* et les *Heterochelida*. Si les diverses familles ont sensiblement conservé leur contenu, on voit qu'il n'en est pas de même pour les grandes coupures.

Notre forme du Portlandien du Pays de Bray se rattacherait sans difficultés, en prenant pour base l'allure du céphalo-thorax, aux Macroures. Dans la seconde classification c'est aux *Reptantia* qu'il conviendrait de la rapporter et plus spécialement au groupe des *Nephropsidea*, notamment par l'ornementation, par la forme du scaphocécrite qui rappelle celui des *Nephrops*, par l'allure du rostre comparable à celui de *Oncopareia* (par exemple : *O. coesfeldensis* SCHLÜTER du Crétacé supérieur), par la taille d'ensemble et les dimensions relatives des divers articles des pinces, etc...

Dans la classification récente de Beurlen et Glaessner, ce sera par suite dans le sous-ordre des *Trichelida* que se logera notre forme, malgré la non-conservation de la totalité des pinces. Plus spécialement, c'est avec le genre bathypélagique actuel *Phoberus* (4) que notre espèce présente des ressemblances, par la forme générale de la carapace, l'allure et l'ornementation des pinces

(fig. 3). Par ces caractères et en outre par l'allure des sillons elle se compare à *Palaeophoberus suevicus* (QUENSTEDT) (*Stenochirus*), espèce du Dogger inférieur de Reutlingen (Wurtemberg) (5), (fig. 4).

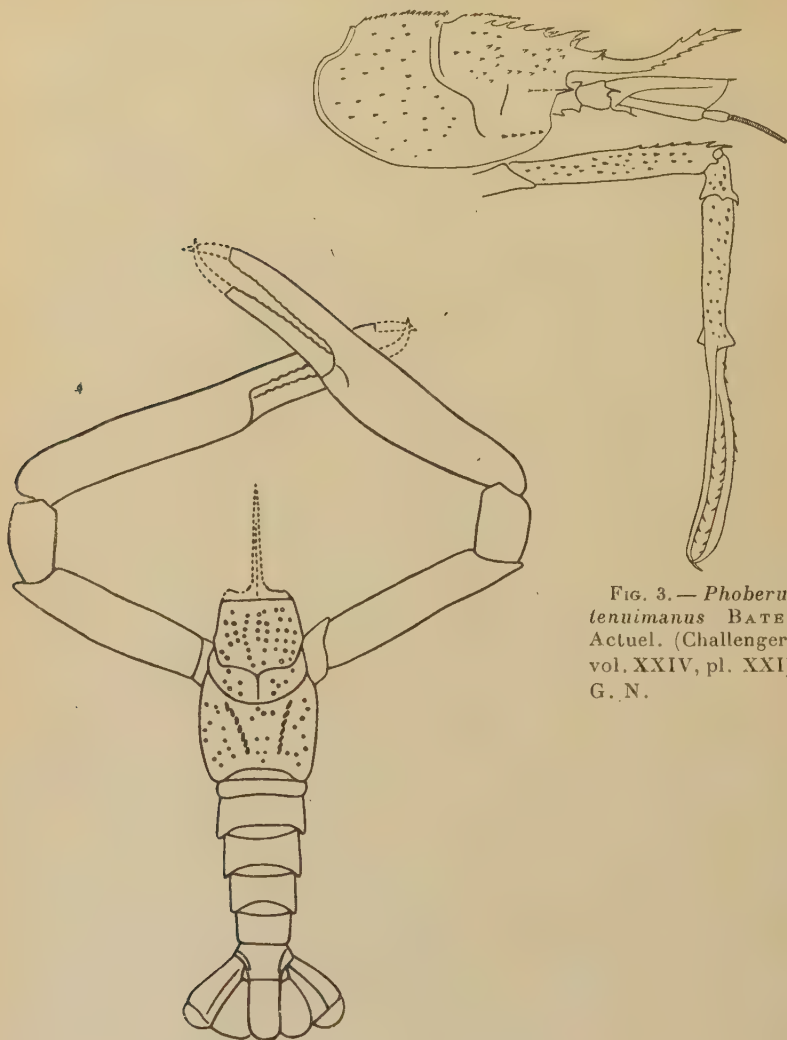


FIG. 3. — *Phoberus tenuimanus* BATE. Actuel. (Challenger. vol. XXIV, pl. XXI). G. N.

FIG. 4. — *Palaeophoberus suevicus* (Qu.), d'après Glaessner, 1932.

Il faut cependant reconnaître que par l'allure grêle des pinces, la forme relativement courte du céphalo-thorax, la présence de carènes, notre espèce offre quelques ressemblances avec les

Eryonidea. Mais dans ce groupe le dactylopodite des pinces est externe ; c'est ainsi que le genre *Stenochirus*, duquel Glaessner (5) a extrait le genre *Palaeophoberus* fut longtemps classé parmi les *Eryonidea*. De même l'allure des sillons céphalo-thoraciques, notamment celle de (*ee1*) et de (*c*), fait penser à *Pemphix* (6) (fig. 5-6). Ce genre du Trias considéré comme primitif n'a pas les

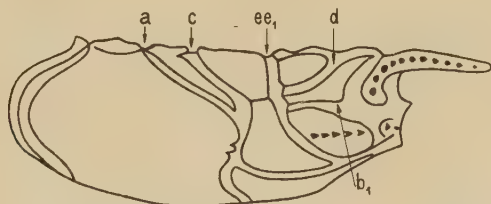


FIG. 5. — *Pemphix Sueuri* DESMARET. Vue latérale droite.
D'après Glaessner, 1932.

premiers péréiopodes transformés en pinces. On le place à l'origine de toute une subdivision des *Heterochelida* : les *Gastralida* (comprenant notamment les *Eryonidae*, les *Galatheidæ* et les *Brachyura*).

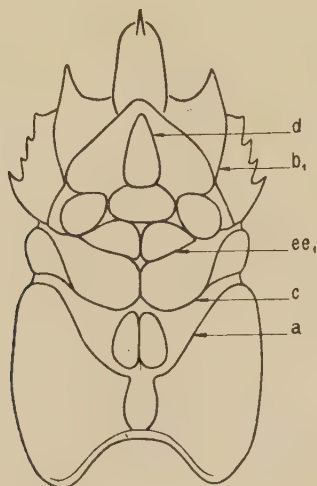


FIG. 6. — *Pemphix Sueuri* DESM. Vue dorsale.
D'après v. Straelen, 1928.

Cette nouvelle espèce, que nous nommons *Palaeophoberus portlandicus*, offre avec *Pemphix* des ressemblances qui seraient donc simplement une question de convergence ou d'évolution parallèle, comme celles qu'il présente avec les *Eryonidea*.

Palaeophoberus est un rameau commençant dans le Dogger inférieur et se prolongeant jusqu'au Portlandien. Il est assez primitif pour pouvoir être considéré comme origine de toute la sous-famille des *Homarinae* dans les *Nephropsidae*, comme le conçoit Mertin (3). J'ai d'ailleurs signalé au cours de la description quelques caractères du genre *Homarus*, se retrouvant chez *P. portlandicus*.

BIBLIOGRAPHIE

1. K. BEURLÉN. — 1928. Die Decapoden des Schwäbischen Jura. *Palaeontographica*, LXX, p. 115-278.
 2. BEURLÉN et GLAESSNER. — 1930. Systematik der Crustacea Decapoda auf stammesgeschichtlicher Grundlage. *Zool. Jahrb.*, LX, p. 49-84.
 3. H. MERTIN. — 1941. Decapode Krebse aus dem subhercynen und Braunschweiger Emscher und Untersenon. *Nova Acta Leopoldina*, N. F. X, p. 152-257.
 4. S. BATE. — 1888. Report on the Crustacea Macrura dredged by H. MS. Challenger, vol. XXIV, p. 170, pl. XXI-XXII (*P. tenuimanus*).
 5. GLAESSNER. — 1932. Zwei ungenügend bekannte mesozoische Dekapoden Krebse : *Pemphix sueuri* (DESM.) und *Palaeophoberus suevicus* (QU.). *Pal. Zeit.*, XIV.
 6. VAN STRAELEN. — 1928. Sur les Crustacés Décapodes triasiques. *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 5^e série, XIV, p. 496-516.
-

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU NIVEAU D'HÉROUVAL (CUISIEN) DANS LE VEXIN FRANÇAIS

PAR L. L. Feugueur¹.

Au cours de mes recherches dans le Vexin j'ai constaté sur le terrain que le niveau d'Hérouval existait à Liancourt-Saint-Pierre, où L. et J. Morellet (I, II)² avaient indiqué sa présence, en se basant uniquement sur des matériaux paléontologiques, et j'ai découvert ce même niveau à Tourly, ce qui est un fait entièrement nouveau.

I. LIANCOURT-SAINT-PIERRE³.

La sablière où j'ai trouvé le niveau d'Hérouval est située sur le bord d'un chemin forestier qui relie Liancourt-Saint-Pierre au Vivray, en contre-bas de la voie ferrée, à 500 m à l'W du village. La coupe, très voisine de celle qu'ont donnée G. F. Harris et H. W. Burrows (III), est la suivante :

	Terre végétale.	
LUTÉTIEN	1. Calcaire sableux, avec endurcissements irréguliers, à <i>Nummulites laevigatus</i> , accompagné des espèces habituelles à cette couche, visible sur.....	1 à 2 m
	2 ^A . Glauconie grossière à gros grains de quartz verdis et grès roulés; faciès de charriage, stratification oblique; dents de Squales et nombreuses coquilles; visible sur.....	1 à 1 m 50
	2 ^B . Lit de glauconie grossière à gros grains de quartz verdis et à grès verts glauconieux, très durs, en plaquettes plus ou moins volumineuses; fossiles verdis, peu nombreux: <i>Cras-satella gibbosula</i> Lk., <i>Ostrea cariosa</i> DESH., <i>Clavilithes parisiensis</i> (M.-E.) et Polypiers fixés sur les grès.....	0 m 10 à 0 m 30

1. Note présentée à la séance du 6 novembre 1944.

2. Les chiffres romains entre parenthèses renvoient à l'index bibliographique placé à la fin de cette note.

3. Carte géologique au 1/80.000^e, n° 32, feuille de Beauvais, SW.

CUISIEN

- 3^A. Sable quartzeux, un peu argileux, de couleur ochracée; coquilles peu nombreuses : *Nummulites planulatus* (Lk.), *Fossularca globulosa* (Desh.), *Turritella Solanderi* M.-E., etc. 1 m 50
- 3^B. Sable quartzeux très fin, pur, avec quelques paillettes de mica et, çà et là, quelques nodules de carbonate de chaux, rappelant, mais en petit, les « têtes de chat » du Cuisien de Chaumont-en-Vexin; même faune que 3^A, mais plus abondante : *Nummulites planulatus* (Lk.), *Avicula herouvalensis* Desh., *Velates Schmiedeli* (Chemn.), *Adeorbis rota* Desh., etc.; visible sur. 2 m 50

Les couches 1 et 2 appartiennent au Lutétien; le n° 1 correspond à la zone II de R. Abrard (IV) et les nos 2^A et 2^B à la zone I. Dans le n° 2^A j'ai récolté notamment :

<i>Nummulites planulatus</i> (Lk.), remanié	<i>Axinaea dispar</i> (DeFr.)
<i>Turbinolia sulcata</i> Lk.	<i>Ostrea cariosa</i> Desh.
<i>Sphenotrochus mixtus</i> (DeFr.)	<i>Mesalia multisulcata</i> (Lk.)
<i>Eupsammia trochiformis</i> (Pallas)	<i>Mesalia brachyteles</i> (Bayan)
<i>Diplohelix raristella</i> (DeFr.)	<i>Bullinella Verneuli</i> (Desh.)
<i>Lunulites urceolata</i> Cuv.	<i>Beloptera belemnitoïdes</i> (Blainv.)
<i>Corbula gallicula</i> Desh.	nombreuses dents d' <i>Odontaspis macrota</i> Ag.
<i>Meretrix laevigata</i> (Lk.)	<i>Myliobatis</i> sp.
<i>Venericardia planicosta</i> Lk.	<i>Pristis</i> sp.
<i>Limopsis granulata</i> (Lk.)	

Les couches 3 sont cuisienues; elles correspondent au niveau d'Hérouval par leur position stratigraphique et par leurs caractères paléontologiques : présence d'*Eoscutum calvimontanum* (Cotteau), profusion de Bryozoaires, etc. Comme à Hérouval (III), on peut y distinguer deux zones bien différenciées : une zone de base (couche 3 B); très fossilifère, où abonde *Uteria encrinella* Mich. et une zone supérieure (couche 3A), plus argileuse, moins riche en espèces et en individus et dans laquelle *Uteria encrinella* fait défaut. Je ne donnerai néanmoins qu'une liste globale des fossiles que j'ai recueillis dans ces deux zones; ce sont :

- Neomeris (Vaginopora) scrobiculata* (GÜMB.)
Uteria encrinella MICH.
Nummulites planulatus (Lk.),
 formes A et B
Sphenotrochus semigranosus (MICH.)
Eoscutum calvimontanum (COTTEAU)
Ditropa abbreviata (DESH.)
Serpula sp.
Lunulites radiata Lk.
 nombreux autres Bryozoaires
 tubes de *Teredo* sp.
Corbulomya seminulum DESH.
Corbula gallicula DESH.
 — *striatina* DESH.
 — *regulbiensis* MORRIS
Tellina transversa DESH.
Meretrix proxima (DESH.)
 — *ambigua* (DESH.)
 — *elegantula* (DESH.)
Chama distans DESH.
Diplodonta Lamberti DESH.
 — *radians* MELLEV.
Miltha Levesquei (D'ORB.)
Phacoides squamulus (DESH.)
 — *Requieni* (LÉVESQ.)
 — *latebrosus* (DESH.)
Divaricella Rigaulti (DESH.)
Crassatella trigonata Lk.
Venericardia endaedala (BAYAN)
 — *Prevosti* (DESH.)
Pteromeris decussata (Lk.)
Microstagon laevigatum (DESH.)
Nucula fragilis DESH.
Arca minuata DESH.
 — *exornata* DESH.
Fossularca globulosa (DESH.)
 — *textilis* (DESH.)
Septifer serratus MELLEV.
Avicula herouvalensis DESH.
Avicula aviculina DESH.
Ostrea sp.
Dentalium striatum SOW.
 — *lucidum* DESH.
Fissurella sp.
- Tinostoma priscum* DESH.
Norrisia sp.
Collonia marginata (Lk.)
 — *callifera* (DESH.)
 — *turbinata* (DESH.)
Velates Schmiedeli (CHEMN.), non adulte
Velates equinus (BEZ.)
Syrnola nitida (MELLEV.)
 — *spiculum* (DESH.)?
Adeorbis nitidus DESH.
 — *similis* DESH.
 — *bicarinatus* Lk.
 — *rota* DESH.
Calyptraea suessoniensis D'ORB.
Rissoina puncticulata DESH.
Solarium canaliculatum Lk.
 — *marginatum* DESH.
Homalaxis laudunensis (DEFR.)
Vermetus suessoniensis DE LAUB.
Bayania liancurtensis COSSM.
Turritella Solanderi M.-E.
 — *cuisensis* COSSM.
Rhinoclavis unisulcatus (Lk.)
Diastruma varicosum DESH.
Sandbergeria regularis (MELLEV.)
Bittium semigranulosum (Lk.)
Triforis herouvalensis DE RAINC.
 — *ambiguus* DESH.
Atilia angusta (DESH.)
Suessonia exigua (DESH.)
Siphonalia Ludovici (DE RAINC.)
Conomitra hordeola (DESH.)
Uxia delecta (DESH.), var.
Admete subevulsa (D'ORB.)
Surcula decipiens (DESH.)
Pleurotoma cancellata DESH.
 — *contraria* DESH.
Drillia Mausseneti COSSM.
Raphitoma striolaris (DESH.)
 — *leptocolpa* COSSM.
Terebra plicatula Lk.
Actaeon procerus (DESH.)
Bullinella Bruguierei (DESH.)
 — *cylindroides* (DESH.)
Roxania semistriata (DESH.)
Ringicula minor DESH.¹

1. Cette liste est analogue à celle que R. Abrard (IV, p. 92) a donnée d'un

II. TOURLY ¹.

La sablière est située près du cimetière, à environ 1.500 m W du clocher, sur un chemin forestier qui relie Tourly à Vaux. J'y ai relevé la coupe suivante :

	Terre végétale :	
	1. Calcaire sableux, irrégulièrement endurci, à <i>Nummulites laevigatus</i> , visible sur.....	1 m 50
	Lacune d'observation (éboulis) :	
LUTÉTIEN	2 ^a . Glauconie argileuse et calcaire crème, avec lentilles de glauconie pure, vert bouteille, passant latéralement à une marne brun foncé, piquetée de gros grains de glauconie.	3 m
	2 ^b . Banc de glauconie, très argileux, à stratification oblique.	
	2 ^c . Glauconie avec intercalations de grès tendre à ciment calcaire.	
	2 ^d . Glauconie grossière à gros grains de quartz verdis, renfermant de petits galets et des fragments d'argile sèche, fendillée, multicolore, <i>Diplohelix raristella</i> , <i>Venericardia suessoniensis</i> , dents de <i>Lamna</i> .	
	Ravinement :	
CUISIEN	3. Sable argileux fossilifère, identique à la couche 3A de Liancourt-Saint-Pierre, avec lits de sable blanc très fin contenant de gros grains de quartz laiteux et de nombreuses paillettes de mica	1 m 20
	Lacune d'observation (éboulis) ..	1 m 15
	4. Sable quartzeux à paillettes de mica, sans fossiles, visible sur.	1 à 1 m 75

niveau cuisien indéterminé de Liancourt ; les espèces que cite cet auteur proviennent sans aucun doute des couches 3, comme le croyaient L. et J. Morellet (I, II).

¹. Carte géologique au 1/80.000^e, n° 32, feuille de Beauvais, SW.

Comme à Liancourt nous retrouvons la zone II (couche n° 1) et la zone I (couches n° 2) du Lutétien; cette dernière, peu fossilifère et de composition assez complexe, ravine le Cuisien.

La couche 3 correspond à la couche 3^a de Liancourt et, comme elle, appartient au niveau d'Hérouval. Sa faune, bien que moins riche, est la même et également caractérisée par la présence d'*Eoscutum calvimontanum* et de nombreux Bryozoaires. J'y ai récolté :

<i>Nummulites planulatus</i> (Lk.),	<i>Divaricella Rigaulti</i> (Desh.)
formes A et B	<i>Crassatella trigonata</i> Lk.
<i>Sphenotrochus semigranosus</i>	<i>Venericardia eudaedalea</i> (BAYAN)
(MICH.)	<i>Microstagon laevigatum</i> (Desh.)
<i>Turbinolia sulcata</i> Lk.	<i>Nucula fragilis</i> Desh.
<i>Eoscutum calvimontanum</i> (COTTEAU)	<i>Fossularca dispar</i> (Desh.)
<i>Ditrupa abbreviata</i> (Desh.)	<i>Avicula herouvalensis</i> Desh.
<i>Serpula</i> sp.	— <i>aviculina</i> Desh.
<i>Lunulites radiata</i> Lk.	<i>Ostrea</i> sp.
plusieurs autres espèces de Bryozoaires	<i>Dentalium striatum</i> Sow.
tubes de <i>Teredo</i> sp.	— <i>lucidum</i> Desh.
<i>Corbula gallicula</i> Desh.	<i>Syrnola nitida</i> (MELLEV.)
— <i>striatula</i> Desh.	<i>Vermetus suessoniensis</i> DE LAUBR.
<i>Diplodonta radians</i> MELLEV.	<i>Turritella Solanderi</i> M.-E.
<i>Phacoides Requieri</i> (LÉVESQ.)	<i>Rhinoclavis unisulcatus</i> (Lk.)
— <i>latebrosus</i> (Desh.)	<i>Bullinella sectifera</i> COSSM.
	<i>Myliobatis</i> sp.
	Otolithes

En dehors de Liancourt-Saint-Pierre et de Tourly le niveau d'Hérouval fossilifère existe ou tout au moins a dû exister à Chaumont-en-Vexin¹ où le Cuisien est cependant en général azoïque. Dans la sablière située sur la route de Chaumont-en-Vexin à Liancourt, M. Pillon, géologue local bien connu de ses confrères, a en effet récolté à la base du Lutétien graveleux (couche à *Diplohelia raristella*) une série de fossiles cuisien appartenant au niveau d'Hérouval. En dehors d'*Uteria encrinella* MICH. et d'*Eoscutum calvimontanum* (COTTEAU) je citerai² :

<i>Arcopagia decorata</i> WAT.	<i>Velates Schmiedeli</i> (CHEMN.),
<i>Phacoides latebrosus</i> (Desh.)	représenté par des individus adultes
<i>Crassatella praecurata</i> COSSM.	<i>Capulus onyxoides</i> COSSM. ³
<i>Microstagon herouvalense</i> (Desh.)	<i>Triforis herouvalensis</i> DE RAINC.
<i>Nucula fragilis</i> Desh.	<i>Cypraea Chevallieri</i> COSSM. ³

1. Carte géologique au 1/80.000^e, n° 31, feuille de Rouen, SE.

2. J'ai puisé ces renseignements dans une étude manuscrite du Lutétien de Chaumont, que m'a très obligeamment communiquée son auteur M. Pillon.

3. Le type de cette espèce provient du Cuisien (niveau d'Hérouval) de Liancourt-Saint-Pierre.

Il m'est toutefois malheureusement impossible pour le moment de préciser si ces coquilles se trouvent dans le niveau d'Hérouval en place et simplement raviné ou si elles proviennent de la destruction complète et du remaniement de ce niveau.

BIBLIOGRAPHIE

- I. L. et J. MORELLET. — Étude sur le niveau d'Hérouval. *B. S. G. F.*, (5), V, 1935, p. 499.
 - II. — Confirmation de l'existence du niveau cuisien d'Hérouval à Liancourt-Saint-Pierre (Oise), *C. R. somm. S. G. F.*, 1937, p. 83.
 - III. G. F. HARRIS et H. W. BURROWS. — The Eocene & Oligocene Beds of the Paris Basin. *Geologists' Association*, Londres, University College, 1891, p. 12.
 - IV. R. ABRARD. — Le Lutétien du Bassin de Paris, Thèse Fac. Sc. de Paris, Angers (1925), 1926.
-

SUR L'IMPORTANCE DE LA GRANULOMÉTRIE
POUR L'ÉTUDE QUANTITATIVE DES MINÉRAUX LOURDS
DANS UN SÉDIMENT

PAR **Boris Brajnikov**¹.

De nombreux auteurs, et en particulier C. H. Edelman et ses élèves, extraient la fraction lourde des minéraux² de la totalité du sédiment débarrassée de la fraction granulométrique la plus fine — 50 μ (Edelman³), 30 μ (Baak⁴). Cependant, l'expérience et la théorie ont mis en évidence deux faits dont l'importance ne permet plus de considérer cette manière de procéder comme entièrement satisfaisante. Ce sont : 1° le maximum (abondance et variété) des minéraux lourds se situe, généralement, dans le domaine dimensionnel du sable fin ; 2° strictement, ne sont comparables que les fractions granulométriques qui occupent, dans le diagramme, la même position par rapport au maximum (Rubey⁵). Le premier de ces faits a conduit certains auteurs à n'examiner qu'une seule fraction granulométrique et toujours la même : 250 à 50 μ (Batourine⁶) ; 200 à 100 μ (Sindowski⁷), mais les résultats ainsi obtenus par différents auteurs ne sont pas comparables entre eux, particulièrement par le jeu de la deuxième proposition ci-dessus.

Le problème se laisse aborder par voie purement théorique, mais le côté pratique, celui des techniques de laboratoire, a une portée telle, qu'il est nécessaire de le considérer ici.

La méthode, dans ses applications paléogéographiques et autres, est *statistique*, c'est dire que sa valeur dépend du nombre d'analyses utilisées. Par conséquent, le facteur temps est d'une importance capitale, exige que les techniques soient simples et rapides, et exclut tout

1. Note présentée à la séance du 18 décembre 1944.

2. Il ne s'agit dans cette note que de minéraux détritiques ou allogènes.

3. C. H. EDELMAN. Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und den angrenzenden Gebieten 1932-1937. *Geol. Rundschau*, v. 29, 1938, p. 223.

4. J. A. BAAK. Regional petrology of the 'southern North Sea. Wageningen [1936].

5. W. W. RUBEY, in V. V. BATOURINE. Paléogéographie d'après les constituants terrigènes. Bakou, 1937. (En russe.)

6. V. V. BATOURINE. *Loc. cit.*

7. K. H. SINDOWSKI. Sedimentpetrographische Methoden zur Untersuchung sandiger Sedimente. *Geol. Rundschau*, v. 29, 1938, p. 196.

procédé perfectionné mais trop long à l'usage. Il est même nécessaire de sacrifier une part de la précision à la rapidité de l'exécution de l'analyse. Telle est l'impression qui se dégage des travaux de C. H. Edelman et d'autres auteurs compétents.

L'ensemble granulométrique polydispersé, qu'est un sédiment naturel, comporte, en règle générale, une certaine proportion de particules très ténues qui, une fois immergées dans le bromoforme, forment une boue visqueuse surnageante qui entrave la sédimentation normale des grains de minéraux lourds; elles doivent donc nécessairement être éliminées. La séparation quantitative au bromoforme des particules de 20 ou 30 μ est déjà très délicate, si tant est qu'elle est jamais réalisée dans la pratique courante (entonnoir à décantation). Ainsi une limite inférieure se trouve imposée par la pratique aux grains soumis à l'analyse : environ 30 μ si l'on opère par décantation ou environ 50 μ si l'on opère par tamisage (le tamis métallique le plus fin, n° 300, a une ouverture de maille voisine de 50 μ ¹).

Cette limite se place donc vers le milieu de la classe dimensionnelle « sablon » (J. Bourcart²) ou de la classe lithologique « limon » (B. Brajnikov³).

En outre, la détermination au microscope des grains montés plus petits que 50 μ est souvent longue, pénible et incertaine; d'autre part, la détermination au microscope des grains montés, dont le diamètre dépasse 400 à 500 μ , devient encore douteuse et nécessite des techniques spéciales. Enfin, la pratique du montage des grains en « frot-tis » fournit aussi un argument contre l'utilisation de ces dimensions extrêmes, tant par les difficultés d'une prise d'essai homogène (2 à 4 mgr en moyenne), que par les difficultés de montage.

En résumé : la technique d'analyse des minéraux lourds dans un but pétrologique impose aux dimensions des grains à étudier des limites extrêmes qui sont, *grosso modo*, 30 et 500 μ .

La nécessité de restreindre l'examen entre ces deux limites n'est pas un défaut aussi grave qu'on pourrait le penser : les sédiments que l'on étudie généralement — sables, certains limons — ont leurs maxima granulométriques compris, le plus souvent, entre ces mêmes limites. De ce fait il se trouve que la plus grande masse du matériau est soumise à l'analyse, et même si les particularités que l'on pourrait découvrir au delà des limites assignées étaient de valeur, leur influence sur les résultats quan-

1. Dans les pays anglo-saxons on fabrique des tamis standard à ouverture plus petite, par exemple les Tamis Standard Tyler et les Séries U. S. possèdent le n° 325 de 44 μ et le n° 400 de 37 μ d'ouverture.

2. J. BOURCART. Aide-mémoire de géologie appliquée aux travaux publics. *Inst. Techn. Bat. Tr. Publ.*, Circulaire, série D, n° 1.

3. B. BRAJNIKOV. Contribution à l'étude des limons: *B. S. G. F.*, t. XI, 1941, p. 323.

titatifs de l'analyse ne serait pas, en général, très sensible (voir, toutefois, plus bas).

La signification analytique de chacune des deux limites est d'ailleurs très inégale. L'optimum granulométrique pour les minéraux lourds (p. 1), déterminé empiriquement par de nombreux auteurs, semble être compris entre 20 et 350 μ environ; ce qui assure la validité de la limite supérieure de 500 μ , mais non celle de la limite inférieure. Cependant, la variété des espèces minéralogiques diminue assez rapidement en descendant vers la limite de 30 μ par suppression d'un assez grand nombre d'espèces.

Ceci nous conduit à envisager un autre aspect de la méthode, qui, par ailleurs, révèle du point de vue philosophique son

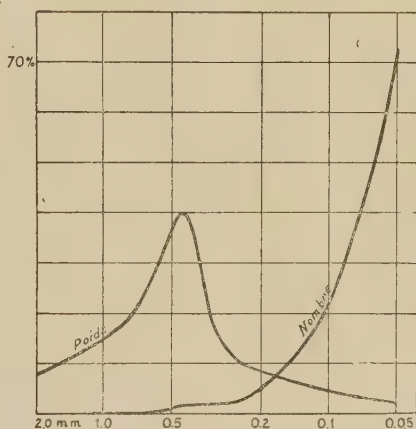


FIG. 1.

principal défaut. C'est l'expression quantitative en *nombre de grains*. L'on sait que pour un matériau de densité donnée la masse de chaque grain varie comme le cube de son diamètre; par conséquent le nombre de grains de mêmes dimensions, qui constitue une masse donnée de ce matériau, varie en raison inverse du cube de leur diamètre. La figure 1 représente, pour un même matériau, les courbes superposées en poids et en nombre de grains par fraction. Il en résulte avec netteté, que même pour un matériau assez grossier, tel que celui figuré sur ce graphique, il n'y a aucun intérêt à étudier les fractions supérieures à 500 μ . Par contre, le phénomène dynamique traduit par cette courbe, et qui est essentiellement caractérisé par sa partie à gauche de la dimension 250 μ , serait tout à fait faussé

par le comptage des fractions fines, car une légère souillure par la poussière risquerait de devenir déterminante pour le résultat final de l'analyse. Comme la grande majorité des sables ont leurs maxima granulométriques compris entre 350 et 100 μ environ, c'est précisément ces dimensions qui doivent attirer l'attention particulière pour l'étude du phénomène dynamique. Toutefois, la limite inférieure des grains soumis à l'examen reste toujours arbitraire et flottante.

Cette incertitude est sensiblement atténuée en faisant appel à la loi de l'équivalence qui permet de poser le problème avec plus de rigueur, tout au moins du point de vue théorique. Cette loi est ainsi formulée par L. Thiébaud ¹ : *Pour les grains de mêmes formes, l'action de l'eau est fonction du produit de leur densité (diminuée de celle de l'eau) par leur dimension moyenne.* Le tableau ci-dessous montre les effets de cette loi.

TABLEAU DES ÉQUIVALENCES

MINÉRAL	QUARTZ	TOURMA- LINE	ÉPIDOTE	DIS- THÈNE	CORIN- DON	ALMAN- DIN	ZIRCON
Densité	2.65	3	3.4	3.6	4	4.2	4.68
Dimensions des grains équivalents pour les minéraux de densités différentes	1.000	0.825	0.687	0.635	0.550	0.516	0.448
	0.750	0.618	0.515	0.476	0.412	0.387	0.336
	0.500	0.412	0.343	0.317	0.275	0.258	0.224
	0.250	0.206	0.171	0.159	0.137	0.129	0.112
	0.1000	0.0825	0.0687	0.0635	0.0550	0.0516	0.0448
	0.0500	0.0412	0.0343	0.0317	0.0275	0.0258	0.0224
	0.0250	0.0206	0.0171	0.0159	0.0137	0.0129	0.0112
	0.0100	0.0083	0.0069	0.0064	0.0055	0.0052	0.0045

On peut donc, en partant d'une courbe granulométrique établie pour le quartz (courbe de tamisage) et connaissant les équivalences, reconstituer les courbes granulométriques de divers

1. L. THIÉBAUD. Étude pratique des alluvions. *Introd. Études Min. Col.*, 1934, p. 49.

minéraux de densités plus élevées dans le même matériau (fig. 2). Ainsi, pour le matériau figuré, dont le maximum se place à la dimension de 100 μ pour le quartz, le maximum correspondant du zircon se place sur 45 μ environ.

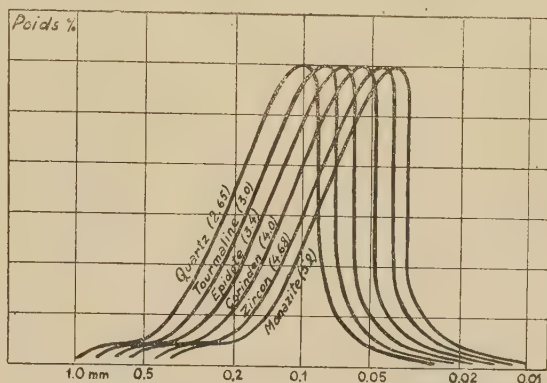


FIG. 2.

On peut tout de suite dégager deux conséquences importantes qui découlent de la loi de l'équivalence : 1° cette loi permet de fixer avec rigueur la limite inférieure des grains à examiner, pour chaque matériau défini par sa courbe granulométrique ; 2° la comparaison de la composition minéralogique de divers matériaux ne peut se faire, en principe, qu'en tenant compte de la granulométrie de chacun d'eux, comme expression du phénomène dynamique qui leur a donné naissance. Cette conséquence est à rapprocher de la proposition de Rubey (p. 1).

DIMENSIONS DES MINÉRAUX	DIMENSIONS DU QUARTZ CORRESPONDANT AUX DIMENSIONS DES MINÉRAUX (en μ) :	
	TOURMALINE	ZIRCON
30	36	67
40	48	89
50	61	112
100	121	223
200	242	446
250	303	558
350	424	781

Il en résulte que l'étude des minéraux lourds dans les fractions comprises entre 250 et 50 μ permet de caractériser la grande majorité des sables, ce qui justifie les limites admises par V. Bataurine; la limite inférieure de J. Baak n'est utile que pour l'étude des matériaux très fins et les limites de K. Sindowski (200 à 100 μ) ne sont pas satisfaisantes. Toutefois, l'examen des sables un peu grossiers, tels que certains sables fluviaux et certaines formations géologiques du Bassin de Paris, montre que la limite supérieure doit être portée à 350 μ , la fraction 250-350 μ renfermant encore des quantités notables de minéraux lourds et étant très caractéristique pour le matériau. Il serait donc préférable de fixer les limites à 350 et 50 μ . Il faut remarquer que les phénomènes dynamiques qui donnent naissance aux accumulations alluvionnaires de sables seraient entièrement caractérisés si l'on portait la limite inférieure à 40 μ , mais les difficultés que l'on rencontre pour obtenir cette fraction justifient entièrement la limite de 50 μ . Je n'insiste pas davantage sur les défauts inhérents aux techniques qui servent à obtenir des fractions de dimensions désirées, ni sur l'imprécision des résultats que l'on obtient dans la pratique courante.

D'autre part, une troisième conséquence peut être tirée des mêmes principes : 3° les limons sont des formations trop fines pour pouvoir être caractérisées par la méthode discutée ici. Cependant, pour certains limons grossiers la fraction supérieure à 45 μ environ, accessible pour une telle étude (fig. 4), peut être suffisamment caractéristique pour permettre des conclusions de valeur appréciable.

La loi de l'équivalence comporte dans son énoncé même (p. 382) une limitation qui est la cause de ce que les courbes granulométriques réelles, que l'on pourrait déterminer pour chacun des minéraux contenus dans un matériau donné, peuvent différer sensiblement des courbes théoriques calculées d'après cette loi. Cette limitation résulte de la diversité des formes qu'affectent les différents minéraux, telles : la forme en paillettes des micas, la forme en prismes allongés de certains zircons, la forme globulaire de certains grenats, etc.

Mais l'application de cette loi trouve une autre limitation naturelle, dont la cause est bien plus intéressante et mérite qu'on s'y arrête avec plus de détail.

L'expérience montre que les courbes granulométriques de fréquence des grains minéraux affectent dans la nature des minima inexplicables par les lois de la dynamique des fluides, ou par celles de la probabilité statistique. Le phénomène commence à

être connu pour le quartz ¹, mais on le constate également pour certains minéraux lourds. Il se traduit par le fait que certains minéraux, grenat et staurotide par exemple, ont leurs maxima dans les fractions nettement supérieures à celles que laisserait prévoir la loi de l'équivalence.

Dans certains cas on pourrait en trouver l'explication dans un mélange de matériaux d'origine différente (par exemple : matériau grossier riche en grenat et matériau fin pauvre en grenat), mais en général il semble bien que, de même que pour le quartz, les particularités dimensionnelles observées doivent être attribuées au matériau initial dont dérive le sédiment, c'est-à-dire aux roches profondes magmatiques ou métamorphiques. Les conditions thermodynamiques qui président, dans ces roches, à la naissance des minéraux en question doivent privilégier certaines dimensions au détriment des autres, ce qui se traduit, dans le sédiment, par l'existence de minima ou de lacunes dimensionnelles inattendus. La discussion plus serrée des causes de ce phénomène semble prématurée en l'état de nos connaissances sur ce sujet, mais la constatation elle-même semble fertile en possibilités. D'ores et déjà on peut formuler deux conséquences intéressantes du point de vue paléogéographique : 1° *La dispersion granulométrique des minéraux dans un sédiment n'est pas fonction des seuls facteurs hydrodynamiques (ou aérodynamiques), mais fonction aussi de la fréquence dimensionnelle de ces minéraux dans leurs gisements primaires.* 2° *La scission, par quelque agent dynamique capable de provoquer un triage par grosseur, du matériau initial ou du sédiment qui en dérive, peut donner naissance à deux sédiments nouveaux, l'un grossier, l'autre fin, caractérisés par des associations minéralogiques très différentes.*

Cette dernière proposition permet de formuler une règle générale sur la composition minéralogique en fonction de la granulométrie : *de plusieurs sédiments dérivant d'un même bassin d'alimentation, celui qui est plus fin (limon) n'aura pas, a priori, la même composition minéralogique que celui qui est plus grossier (sable).* De même, et ceci est remarquable, *un même bassin d'alimentation peut être caractérisé par plusieurs associations de minéraux lourds, plus ou moins différentes, selon le calibrage des produits détritiques qu'il fournit.*

On peut, théoriquement, caractériser les minéraux associés dans les sédiments par des nombres montrant pour chacun d'eux

¹ B. BRAJNIKOV. Sur l'origine des grains de quartz dans les sables et les limons. *G. R. somm. S. G. F.*, n° 4, 1944, p. 36.

la probabilité à apparaître dans les fractions grossières. La série ainsi obtenue serait celle des densités croissantes. L'étude détaillée d'une cinquantaine d'échantillons de nature diverse m'a fourni la série empirique suivante :

Enstatite (45); Hypersthène (40); Andalousite (35); Sillimanite (31); Tourmaline (31); Brookite (30); Augite (25); Disthène (24); Sphène (22); Staurotide (21); Grenat (16); Hornblende (15); Rutile (11); Épidote (10); Anatase (8); Zircon (6). ¶

Entre parenthèses figurent les nombres, déduits des pourcentages, qui expriment la probabilité pour chaque espèce minérale de se rencontrer dans la fraction supérieure à 160 μ . Cette série n'est pas sensiblement différente de la série théorique; néanmoins les particularités qu'elle affecte sont fort instructives. Telles sont les positions très basses de la hornblende et de l'épidote, et les positions très élevées des pyroxènes orthorhombiques ¹, de la sillimanite et de la brookite. (La position de l'anatase serait explicable par son clivage facile.) Par contre, il existe des sables qui fournissent des séries très différentes; j'en citerai deux à titre d'exemple :

1. Staurotide (100); Grenat (83); Tourmaline (67); Épidote (53); Zircon (43); Sphène (0), etc.
2. Disthène (100); Tourmaline (76); Grenat (63); Andalousite (57); Épidote (31); Zircon (13); Rutile (9), etc.

Il est clair que la réduction du volume des grains par choc, usure ou altération, agit à l'encontre de ce phénomène; elle sera accompagnée par une sélection spécifique d'un tout autre ordre, qui met en cause d'autres propriétés physiques et chimiques des minéraux que celles qui interviennent pour déterminer les fréquences dimensionnelles primaires. Le bilan de ce complexe d'actions sera l'effacement de la dispersion granulométrique primaire, celle-ci étant surtout apparente dans les sédiments détritiques jeunes, peu remaniés ou protégés contre les agents d'altération. Il en résulte que les *séries de fréquences dimensionnelles spécifiques* peuvent être utilisées avec avantage pour caractériser les matériaux, leur ancienneté relative en tant que matériaux détritiques, l'intensité du remaniement ou de l'altération qu'ils ont subi.

A la lumière des quelques considérations qui précèdent, on peut préciser encore le problème, si important, de la comparaison des différentes analyses entre elles. Un principe fondamental

1. Cette position des pyroxènes orthorhombiques est due, en partie, au petit nombre d'échantillons dans lesquels ils ont figuré.

s'impose d'emblée, qui doit servir de guide dans ce travail : strictement parlant, *ne sont comparables entre eux que les sédiments appartenant à une même classe granulométrique*. Dès que l'on cherche à comparer les sédiments de classes granulométriques différentes, il faut tenir compte non seulement de la *loi de l'équivalence*, mais aussi du *principe de la fréquence dimensionnelle spécifique*, facteur qui peut avoir une signification régionale. Sous ces réserves on peut comparer une seule (et toujours la même) fraction — par exemple 350-50 μ . — extraite de divers sédiments sableux, mais la connaissance de la granulométrie de ces sédiments est indispensable.

Dans cet ordre d'idées, S. Vichniakov ¹ a cherché à déterminer empiriquement (pour certains dépôts du Bassin de Moscou) des coefficients qui doivent permettre de passer de la composition minéralogique de la fraction 10-50 μ à celle de la fraction 50-250 μ , pour pouvoir comparer des sédiments dont une seule des deux fractions est connue. De tels coefficients ne peuvent, certainement, avoir une valeur universelle, mais seraient susceptibles de présenter un intérêt régional. Ils pourraient, d'ailleurs, être calculés avec une certaine approximation en partant de la granulométrie du sédiment, de la loi de l'équivalence et de la fréquence dimensionnelle spécifique des minéraux de la région donnée.

1. S. VICHNIAKOV, in BATOURINE, *loc. cit.*

TRACES D'UNE ÉMERSION GÉNÉRALE EN FRANCE ENTRE LE BATHONIEN MOYEN ET LE BATHONIEN SUPÉRIEUR

PAR H. Parent.

De nombreuses surfaces d'usure, traces de dénudation sous-marine ou d'émersion, ont été relevées à différentes hauteurs du terrain bathonien. Aucune de ces traces de ravinement n'atteint l'importance des grandes surfaces perforées que l'on remarque à la fin du Bathonien moyen et qui indiquent une véritable émigration générale en France entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur.

1. *Normandie*. — A. Bigot¹ et L. Guillaume² ont fait connaître l'existence dans le Bathonien de Normandie de nombreux bancs durcis et perforés, de dénudations, qui ont précédé le plus souvent un changement de faciès.

Ces géologues ont décrit en particulier quatre surfaces d'émersion situées immédiatement au-dessus de la pierre de taille de Ranville, partie supérieure du Bathonien moyen. La surface de ce calcaire est durcie et perforée. La caillasse à Céphalopodes qui lui fait suite et qui marque la fin du Bathonien moyen n'est conservée que dans des parties creuses, des cuvettes, dans lesquelles elle a été protégée de la dénudation.

Une deuxième surface d'usure existe entre les deux bancs qui composent cette caillasse et une troisième au-dessus, avec lit durci et perforé, au contact des calcaires marneux à *Rhynchonella Boueti*, base du Bathonien supérieur.

Enfin, une quatrième surface de ravinement marque la séparation des calcaires marneux ci-dessus et des argiles à *Rhynchonella Boueti*.

Au cours de nos recherches dans la basse vallée de l'Orne³ nous avons reconnu dans la région d'Amfréville-l'Écarde (Cal-

1. A. BIGOT. Les conditions de dépôt du Bathonien dans le Bassin et la région de Caen. *CR. Ac. Sc.*, t. 184, 2 et 9 mai 1927.

2. L. GUILLAUME. Observations sur le Bathonien supérieur de l'une des carrières de Ranville. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 7^e s., t. VIII, 1925.

3. H. PARENT. Présence des couches à *Hecticoceras retrocostatum* à Amfréville (Calvados). *C. R. somm. S. G. F.*, 1939, n° 3, p. 34-35.

vados) les différents ravinements décrits par ces géologues à Ranville, à Blainville, à Colombelles.

2. *Boulonnais*. — Une surface ravinée, avec bois flottés ligniteux, lits charbonneux avec petits galets, couche de sable à nombreux débris végétaux, sépare dans le Boulonnais l'Oolithe blanche de Marquise à *Rhynchonella Hopkinsi*, du Bathonien moyen, des calcaires marneux à *Rhynchonella elegantula*, du Bathonien supérieur¹.

3. *Ardennes*. — G. Delépine a décrit dans les Ardennes une surface d'usure semblable aux environs de Mézières, « plate-forme littorale avec perforations, cailloux et polypiers roulés », à la même hauteur entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur².

4. *Haute-Marne*. — La même plate-forme littorale avec banc durci et bosselé, perforé de lithophages et couvert de cailloux roulés lenticulaires, existe en Haute-Marne³.

5. *Lorraine*. — Une grande surface taraudée, dont les cavités sont comblées par des dépôts ferrugineux, existe partout en Lorraine au-dessus des couches à *Rhynchonella decorata*³.

Dans le N de la Lorraine, où les calcaires à *Rhynchonella decorata* ne se sont pas déposés, ces traces d'émersion sont également visibles : dans la région de Metz-Longuyon au-dessus des couches bajociennes à *Clypeus*, dans la région de Toul-Thiaucourt au-dessus d'une oolithe miliaire, récurrence des bancs à *Clypeus*, des deux côtés sous les caillasses à *Anabacia* qui se sont déposées à la fin du Bathonien moyen³.

L'émersion de cette partie de la Lorraine paraît avoir eu lieu plus tôt que dans les régions limitrophes, mais elle a persisté jusqu'à la fin du Bathonien moyen ; elle marque également un changement définitif de faciès.

Les calcaires compacts à *Rhynchonella decorata* de Lorraine sont rangés par G. Corroy dans le Bathonien inférieur. Si on admet avec A. de Grossouvre⁴⁻⁵ que *Rhynchonella decorata*

1. H. PARENT. Coupe de la grande oolithe à Le Wast (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XXVIII, 1899, p. 166-167.

2. G. DELÉPINE. Feuille de Mézières au 80.000°. Observations sur le Bathonien. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 158, t. XXIX, 1924-1925.

3. G. CORROY. Le Bajocien et le Bathonien de Lorraine. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4^e s., t. XXIX, 1929.

4. A. DE GROSSOUVRE. Notes sur le Bathonien moyen, *Centenaire Soc. géol. Fr.*, *Livre jubilaire*, p. 361-388.

5. H. PARENT. Sur l'âge des premiers dépôts de l'oolithe inférieure dans le Nord de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5^e s., t. XIV, 1944.

caractérise le Bathonien moyen, l'émersion signalée daterait de la fin de cette division, d'après la succession comparée que nous avons donnée¹, succession basée sur la position d'ensemble des différents Brachiopodes bathoniens; elle aurait eu lieu entre le dépôt des calcaires à *Rhynchonella decorata* et celui des caillasses à *Anabacia*, qui terminent en Lorraine le Bathonien moyen.

6. *Côte-d'Or*. — Il existe dans la Côte-d'Or, au-dessus des calcaires à *Rhynchonella decorata* « une surface fortement trouée par les pholades, recouverte immédiatement par des marnes à *Zeilleria digona*, du Bathonien supérieur »².

7. *Jura*. — Une grande surface d'émersion, durcie, perforée de lithophages, a été reconnue à la partie supérieure des calcaires à *Rhynchonella decorata* : pierre blanche du Jura³.

8. *Mâconnais*. — Nous avons remarqué dans cette région une ligne de ravinement entre les marno-calcaires à *Oppelia aspidoides* du Bathonien moyen et les calcaires à *Rhynchonella Boueti*, base du Bathonien supérieur⁴.

9. *Provence*. — Une importante surface d'usure existe en Provence, à Valaury-Saint-Hubert sur le plateau des Morières, ainsi qu'à Vigne-Fère et à Valbelle, sur la rive droite du Gapeau, tout à fait à la base du Bathonien supérieur; on la retrouve sur la rive gauche au Pas de Truébis, au Pilon de Saint-Clément, à Forcalqueiret. Un banc durci, corrodé, avec petits galets quartzeux épars, est couvert de fossiles dont certains sont remaniés du Bathonien moyen, notamment *Terebratula circumdata*; ce banc est recouvert d'un lit ferrugineux très fossilifère du Bathonien supérieur⁵.

CONCLUSION. — D'après cette rapide énumération, il ressort avec évidence qu'une émersion s'est produite en de nombreuses contrées où affleure le terrain bathonien, en particulier sur le pourtour du Bassin de Paris et les régions E et SE de la France, entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur.

1. H. PARENT, *op. cit.*

2-3. G. CORROY, *op. cit.*

4. H. PARENT. Bradfordien, Cornbrash et Callovien du Mâconnais. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5^e s., t. XII, 1942, p. 133-139.

5. H. PARENT. Faune du Bradfordien et du Cornbrash de Valaury-Saint-Hubert (Var). *C. R. somm. S. G. F.*, 1940, n° 4, p. 31-32.

Cette émergence marque un important épisode dans l'histoire du Bathonien, car les différentes surfaces durcies, perforées, nivelées, précèdent, partout où l'observation est possible, un changement de faciès apparent dans la nature du terrain : l'uniformité de sédimentation, que l'on constate généralement pendant tout le Bathonien moyen, cesse et fait place à une grande variété de conditions de dépôt ; aux puissantes assises de calcaires compacts, de pierres de taille, du Bathonien moyen, succède au Bathonien supérieur un ensemble plusieurs fois renouvelé de calcaires marneux, de marnes, d'argiles, passant insensiblement au régime argileux du Callovien-Oxfordien.

'SUR *FLABELLINA LACOSTEI* ET *FLABELLINA CORANICA*
DEUX ESPÈCES NOUVELLES DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR DU GHARB
(MAROC SEPTENTRIONAL).

PAR Pierre Marie¹.

Parmi les Foraminifères calcaires de la famille des *Lagenidae*, le genre *Flabellina* est caractérisé par une série de loges initiales spiralées, suivies de loges adultes en chevrons renversés. Il n'est, dans les Marnes crétacées du Gharb (Nord Marocain), représenté que par quelques individus, généralement peu nombreux, se rapportant aux quatre espèces principales suivantes : *Fl. interpunctata* v. DER MARCK, *Fl. reticulata* REUSS, *Fl. Lacostei* n. sp. et *Fl. coranica* n. sp., qui constituent au point de vue stratigraphique des *Foraminifères caractéristiques* de premier ordre.

Flabellina interpunctata VON DER MARCK.

Fig. 1 à 4.

Flabellina interpunctata v. DER MARCK, *Verh. Nat. Preuss. Rheinlande u. Westphalens*, 1858, p. 53, pl. I, fig. 5. CUSHMAN et JARVIS, *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 80, art. 14, 1931, p. 38, pl. XII, fig. 1.

Flabellina Jarvisi CUSHMAN, *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.*, 1935, p. 85, pl. XIII, fig. 7-8.

Flabellina rugosa MARIE, *CR. Ac. Sc.*, t. 202, 1936, p. 147. *C. R. somm. S. G. F.*, 1938, p. 342. In R. LAFFITTE, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, sér. 2, n° 15, 1939, p. 267. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 1944, t. XII, fasc. I, p. 269-271.

Test allongé, rhombique ou semi-elliptique, comprimé latéralement mais plus épais le long de son axe longitudinal qu'à sa périphérie, qui est généralement tronquée. Section transversale biconvexe. *Loges* jeunes, en petit nombre (4-6), spiralées, suivies aussitôt de loges en chevrons renversés, étroites, à peu près partout aussi larges. *Sutures* soulignées par un filet en relief, terminé à l'extrémité aperturale de chaque loge par une ou plusieurs boucles de forme variée (simple sur les individus ancestraux, compliquée sur les formes séniles). *Ornementation* simple, constituée par les filets suturaux et, par de nombreuses pustules en relief qui tendent parfois à se grouper sur une ou plusieurs lignes parallèles aux sutures.

1. Note présentée à la séance du 18 décembre 1944.

Dimensions moyennes : Nombre de loges en chevrons (N) = 5-8. Hauteur totale (H) = 1,68 mm (minima 1,3 mm). Hauteur du maxima de la largeur à partir de la base (h) = 0,68 mm. Largeur maxima (L) = 0,7 à 1 mm. Écartement sutural (e) = 0,08 mm. Rapport H/L = 1,94.

Rapports et différences : L'évolution phylétique de cette espèce, dont la forme générale est elliptique ou ovoïde, se traduit par un allongement proportionnellement plus élevé que l'accroissement en largeur et par une variation de l'ornementation. Chez les individus juvéniles, les sutures, à relief uniforme sur toute leur longueur, présentent des boucles simples à leur sommet ;

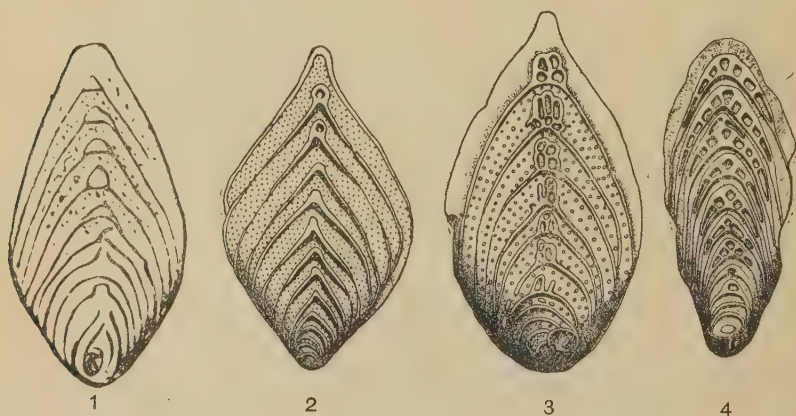


FIG. 1-4. — *Flabellina interpunktata* v. D. MARCK.

1. fig. originale $\times 20$; 2-4. divers spécimens des marnes crétacées du Gharb.

FIG. 2. Coll. pers. n° 4209, Fokhra (prélèvement T. 24). $\times 20$.

FIG. 3. Coll. pers. n° 4210, Ain Hamra (Ah-19, 220 m). $\times 50$.

FIG. 4. Coll. pers. n° 4212, Rmel (prélèvement C). $\times 25$.

ensuite elles s'estompent peu à peu et peuvent même se déprimer au voisinage de la périphérie tandis que leur relief augmente dans la région axiale et que le dessin des boucles se complique en même temps que les pustules augmentent en nombre et se disposent en lignes parallèles aux sutures. Enfin, chez les formes séniles, certaines pustules s'allongent et se réunissent entre elles dans la région axiale pour donner naissance, au sommet de chaque suture, à une série de boucles sensiblement symétriques.

La grande confusion, qui a rendu si difficile la différenciation entre *Fl. interpunktata* v. DER MARCK et *Fl. rugosa* D'ORB., tient à la fois : à ce que les diagnoses et figurations originales furent le plus souvent incomplètes et à ce que les divers auteurs n'ont pas toujours comparé leurs matériaux à ceux des localités origi-

nales. Ce n'est qu'après avoir étudié les niveaux supérieurs de la Craie du Bassin de Paris et y avoir retrouvé des *Flabellina* semblables à celles décrites par A. d'Orbigny, qu'il m'a été possible d'établir la distinction de ces espèces.

D'Orbigny note bien dans son texte les rugosités de la surface des loges ainsi que la complexité du sommet des sutures, mais il ne représente pas ces détails ¹. Par contre, dans ses figures originales, il donne un profil correct de son espèce, qui montre que celle-ci ne présente pas d'épaississement axial. D'autre part, von der Marck, frappé par l'ornementation des sutures ainsi que par les pustules superficielles, les représente, mais ne fournit aucune indication dans son texte quant à la section de ses spécimens. Cependant dans sa figure originale, reproduite ici (fig. 1), on peut voir nettement dessinée à droite de la base une ombre franche, qui montre que la surface des flancs n'est pas plane, mais inclinée vers la périphérie, ce qui prouve donc bien que la zone axiale du spécimen figuré était nettement plus épaisse que le reste du test, donc que la section transversale devait être biconvexe.

Sans ces quelques détails, il était à peu près impossible de distinguer *Fl. rugosa* de *Fl. interpunctata*. C'est pourquoi presque tous les auteurs les ont confondues en une seule espèce. En se basant exclusivement sur les figures originales, certains auteurs comme : Heron-Allen, Earland, Franke, Cushman, Plummer et Sandidge ont rapportés à *Fl. rugosa* des spécimens non ornés, pour lesquels Cushman créa sa *Fl. suturalis* ; tandis qu'ils rapportaient toutes leurs formes pustuleuses à *Fl. interpunctata*. Cushman, ayant constaté que la *Fl. interpunctata* décrite par Franke n'était qu'une *Fl. rugosa* D'ORB., créa *Fl. Jarvisi* pour une espèce voisine, plus ornée et nettement bombée le long de son axe, comme le montrent ses illustrations et qui ne sont autres que des spécimens semblables à ceux de von der Marck.

Il ressort donc de cet aperçu, que *Fl. interpunctata* VON DER MARCK se distingue de *Fl. rugosa* D'ORB. par :

1° Une section biconvexe et non rectangulaire ou biconcave ;
2° Des flancs bombés longitudinalement et non plats ou déprimés ;

3° Une ornementation plus prononcée au sommet des sutures ;
4° Une forme générale plutôt elliptique que flammulée ou rhombique ;

5° Une croissance plus rapide, des loges plus hautes et des proportions plus fortes pour un même nombre de loges en chevrons.

1. *Mém. S. G. F.*, vol. IV, 1840, p. 23, pl. II, fig. 4-7.

Hauteur moyenne pour 6 loges : 1,68 mm au lieu de : 1,2 mm.
Rapport H/L : 1,94 au lieu de : 1,73.

Localité. Cette espèce, qui se rencontre au Maroc, dans tout le massif rifain, paraît localisée dans les Marnes de l'Aturien inférieur tel qu'il fut défini précédemment¹. Elle tend à disparaître dans les niveaux de base du Maestrichtien à *Rosalinella Stuarti*, *R. Linnei*, mut. caliciforme J. DE LAPP. et *Flabellina reticulata* Rss.

Dans les horizons synchroniques, à faciès crayeux du Bassin de Settat (Maroc Central), l'espèce de von der Marck se trouve remplacée par une variété de *Fl. rugosa*, assez comparable au type de la Craie du Bassin parisien. Il semble que la répartition de ces deux espèces, qui furent si longtemps confondues, est intimement liée à la nature des dépôts qui les renferment et que *Fl. rugosa* se développait plus aisément dans un milieu riche en calcaire, tandis que *Fl. interpunctata* au contraire ne s'adaptait bien que dans des eaux pauvres en calcium mais riches en éléments siliceux.

Cette espèce se retrouve également en Algérie (Aurès), en Tunisie (Tébourouk), en Espagne (Région de Malaga) et en France dans le Bassin Aturien (Saint-Marcet et Saint-Gaudens).

Flabellina reticulata REUSS.

Fig. 5-7.

Flabellina reticulata REUSS, *Haidinger's Nat. Abhandl.*, vol. 4. pt. 1, 1851, p. 30, pl. I, fig. 22. *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, vol. 44, pt. 1, 1861 (1862), p. 326. OLZEWSKI, *Sprawozd. Kön. Fizyj. Akad. Umiej. Krakowie*, vol. 9, 1875, p. 110. MARSSON, *Mitth. Nat. Ver. Neuvo-pommern u Rügen*, Jahrb. 10, 1876, p. 139. EGGER, *Abhandl. Kön. bay. Wiss. München*, Cl. II, vol. 21, 1899, p. 107, pl. XIII, fig. 5-7. FRANKE, *Abhandl. Geol. Pal. Instit. Univ. Greifswald*, vol. 6, 1925, p. 64, pl. V, fig. 14. *Abhandl. Preuss. Geol. Landes*, vol. III, 1928, p. 93, pl. VIII, fig. 19. WHITE, *Jour. Pal.*, vol. 2, 1928, p. 204, pl. XXVIII, fig. 15. CUSHMAN, *Contrib. Cushman Lab. Foram. Res.*, vol. 6, 1930, p. 32, pl. IV, fig. 18-19. CUSHMAN et JARVIS, *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 80, art. 14, 1931, p. 37, pl. XI, fig. 15. BROTZEN, *Zeitschr. Deutsch. Palästin-Ver.*, Jahrg. 1934, p. 46. MARIE, *Comptes Rendus Séances Ac. Sc.*, t. 202, 1936, p. 147. *Comptes Rendus sommaire S. G. F.*, 1938, p. 342. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 1940, p. 265 et suiv. BARBIER et LYS, *Comptes Rendus sommaire S. G. F.*, 1938, p. 293.

1. *CR. Ac. Sc.*, t. 202, 1936, p. 147 et *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 1941, t. XII, fasc. 1, p. 269 et suiv.

Fron dicularia reticulata BAGG, Bull. 88, U. S. Geol. Survey, 1898, p. 50, pl. III, fig. 6. WELLER, Geol. Survey New Jersey, Paleontology, vol. IV, 1907, p. 230, pl. II, fig. 30. PLUMMER, Bull. 2044, Univ. Texas, 1927, p. 39, 172, pl. II, fig. 5.

Flabellina favosa BEISSEL, Abhandl. Kon. Preuss. Geol. Landes., vol. 3, 1891, p. 49, pl. XIX, fig. 25-28 ; pl. XVI, fig. 28.

Flabellina cf. *interpunctata* CUSHMAN (NON VON DER MARCK), Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 10, n° 6, 1926, p. 598, pl. XX, fig. 6.

Test fortement comprimé, à côtés généralement plats et parallèles, de forme extérieure variable, rhombique ou à base arrondie, parfois même lobée, périphérie tronquée et section rectangulaire. *Loges*



FIG. 5-7. — *Flabellina reticulata* REUSS.

5 et 7. Teboursouk (Tunisie). 6. Oued Rmel (Maroc).

FIG. 5. Coll. pers. n° 4221, Teboursouk (Tunisie, TL., 20). $\times 40$.

FIG. 6. Coll. pers. n° 4222, Rmel (Maroc, R. D). $\times 30$.

FIG. 7. Coll. pers. n° 4221, Teboursouk (Tunisie, TL., 20). $\times 40$.

initiales spiralées suivies de loges nettes et étroites en chevrons renversés revenant en arrière, à proximité de la base, des deux côtés des flancs. *Satures* apparentes, constituées par des filets en relief. *Ornementation* réticulée simple, formée par les filets suturaux en relief et à la surface des loges par un grand nombre de petites barettes en relief, rectilignes et parallèles entre elles et disposées perpendiculairement aux sutures et à égale distance les unes des autres. Celles-ci, traversant entièrement le dessus des loges, vont d'une suture à l'autre et forment ainsi un réseau régulier à mailles rectangulaires. *Ouverture* terminale radiée à l'extrémité légèrement étirée de la dernière loge.

Dimensions moyennes : $N = 7$ (Max. 16) ; $H = 1,17$ mm (Max. 2,9 mm.) ; $h = 0,25$ mm (Max. 1,12 mm.) ; $L = 0,8$ mm (Max.

1,9 mm) ; $e = 0,05$ mm ; $H/L = 1,49$ (toujours très voisin mais inférieures à 1,5).

Rapports et différences : A l'inverse de l'espèce précédente, l'évolution phylétique des *Fl. reticulata* est à peine sensible. La forme générale rhombique tend à se développer plus rapidement en largeur qu'en hauteur, les loges s'allongent et le test devient presque triangulaire. Le réseau ornemental à mailles rigoureusement rectangulaire au début conserve toujours un relief uniforme, mais devient un peu moins régulier par la suite (fig. 6-7).

Cette espèce très particulière se distingue aisément de *Fl. semireticulata* CUSHMAN et JARVIS¹, dont les sutures ne sont pas apparentes et chez qui le réseau, encore formé de mailles polygonales à côtés rectilignes est beaucoup plus irrégulier. Elle s'écarte également très nettement de la *Frondicularia (Coleites) arborescens* HALKHYARD² des marnes bleues de Biarritz, dont la forme elliptique est carénée, l'ornementation des plus irrégulière et dont l'ouverture en fente allongée est située au ras du sommet de la dernière loge.

Localité : Cette espèce se rencontre dans tout le Bassin méditerranéen, dans des horizons renfermant entre autre *Rosalinella Linnei* mut. *caliciforme* J. DE LAPP., et *R. Stuarti* J. DE LAPP., association caractéristique du Maestrichtien et s'éteint à la base des couches à *R. velascoensis* CUSHMAN et *Rzehakina epigona* RZEHAŁ.

Au Maroc, sa répartition dans le Rif est réduite aux parties centrale et occidentale de la chaîne, mais c'est surtout dans les Marnes crayeuses du Tselfat, les Marnes bleues d'Had-Kourt et d'Ouezzan et les Marno-Calcaires blancs de Lalla Minmouna, qu'elle se rencontre le plus abondamment. En Tunisie (rég. de Téboursouk), elle existe dans des Marnes crayeuses interstratifiées dans des calcaires blancs. En Égypte, au Djebel Kilabia, elle s'observe remaniée dans des marnes brun clair, finement litées à microfaune thanétienne. Elle se retrouve en France, dans le Bassin d'Aquitaine, dans les marnes bleues de Gensac, Saint-Marcet, Saint-Gaudens, etc., intercalées entre des calcaires à Orbitoïdes.

1. *Contrib. Cushman Lab. Foram. Res.*, vol. 4, 1928, p. 98.

2. *Mem. Proc. Manchester Lit. Phil. Soc.*, vol. LXII, n° 6, p. 88, pl. V, fig. 8-9.

Flabellina Lacostei n. sp.

Fig. 8-10.

Test ovale, une fois et demi plus long que large, à flancs plats et section rectangulaire ; composé de 5-6 loges en chevrons renversés, revenant vers la base dans la moitié inférieure du test. Sutures soulignées par des filets en relief, simples à la limite des premières loges, puis en ligne brisée ensuite. *Ornementation* intersuturale réticulée à mailles polygonales irrégulières, sensiblement aussi hautes que larges : localisée à la surface des dernières loges et constituée par des barettes transversales dirigées en tous sens et séparées entre elles d'un intervalle sensiblement égal à l'écartement sutural.

Je dédie cette espèce à mon très regretté confrère et ami, Jean Lacoste, grâce auquel il me fut possible, voici quelques années, d'aborder l'étude de la Microfaune marocaine.

Dimensions : $N = 6$; $H = 0,76$ mm ; $h = 0,28$ mm ; $L = 0,43$ mm ; $e = 0,05$ mm ; $H/L = 1,67$.



FIG. 8-10. — *Flabellina Lacostei* n. sp.

FIG. 8. Coll. pers. n° 4230. Dar-Larbi (Maroc TD. 576). $\times 60$.

FIG. 9. (Holotype). Coll. pers. n° 4231. Dar-Larbi (Maroc TD. 412). $\times 60$.

FIG. 10. Coll. pers. n° 4232, Had-Kourt (Maroc DAD 50 A). $\times 47$.

Rapports et différences : Cette espèce est, de toutes celles étudiées ici, celle qui offre les plus faibles dimensions car elle n'a, pour 6 loges en chevrons qu'une hauteur de $3/4$ de mm alors que pour le même nombre de loges adultes, *F. rugosa* et *F. reticulata* en ont $5/4$, *F. interpunctata* $6/4$ et *F. coranica* $7/4$. Son écartement sutural, analogue à celui de *F. reticulata* est 3 fois plus réduit que celui de *F. coranica*. Par contre son rapport H/L ,

qui est de 1,67, est nettement supérieur à celui de *F. coranica* qui oscille aux environs de 1,45. En outre, elle se distingue toujours aisément de cette dernière par sa section rectangulaire et non ovale.

Il semble que cette petite forme, à section rectangulaire, puisse dériver d'une forme également comprimée, analogue à *F. rugosa* dans laquelle l'ornementation bouclée du sommet des sutures se serait étendue latéralement à la totalité de la surface des loges, sans cependant envahir la partie inférieure du test. Peu à peu par suite de sénilité, cette ornementation peut, en s'estompant, se réduire sur les dernières loges à quelques lignes irrégulièrement interrompues.

Localité : Cette espèce n'est actuellement connue que du Nord du Maroc. Elle provient des marnes blanches à silex naissant de la région de Dar Larbi-Mzoufroun au SW d'Ouezzan; dont la microfaune, qui renferme encore quelques *Rosalinella Linnei* mut. caliciforme (J. DE LAPP.) et *S. Stuarti* (J. DE LAPP.), voit apparaître les premières *R. Velascoensis* (CUSHMAN) et *Rzehakina epigona* (RZEHAKE), correspond aux niveaux de passage du Maestrichien au Danien.

Flabellina coranica n. sp.

Fig. 11-16.

Flabellina cf. *Wicksburgensis* MARIE (non HOWE), *CR. Ac. Sc.*, t. 202, 1936, p. 147 et *Mém. Mus. Hist. Nat.*, 1941, t. XII, part. I, p. 265.

Test comprimé, à côtés légèrement bombés, de forme extérieure variable, généralement elliptique ou rhombique, à périphérie tronquée et section biconvexe. *Loges* initiales spiralées, peu nombreuses et peu apparentes extérieurement, suivies de loges adultes s'arrêtant à mi-hauteur. *Sutures* en relief. *Ornementation* complexe, très particulière, comme craquelée ou vermiculée, caractérisée par un réseau de mailles hexagonales irrégulières, constitué d'une part, par les filets suturaux en relief à la forme assez simple, sauf à la limite des premières loges en chevrons des individus juvéniles où ils sont remplacés par une ligne brisée et d'autre part, par de nombreuses barettes transversales, partant perpendiculairement à la direction générale des sutures, du sommet des angles de la ligne brisée, mais n'atteignant que rarement les sutures voisines. Ces barettes rectilignes à la surface des premières loges en chevrons des formes juvéniles se compliquent peu à peu sur les suivantes en s'anastomosant et envahissent même toute la surface des loges des individus adultes puis se sectionnent en tronçons de forme variées ne constituant plus que des pustules vermiculées à la surface

des loges des formes séniles. *Ouverture* radiée, à l'extrémité légèrement étirée et non ornée de la dernière loge.

Dimensions moyennes : $N = 6$ (Max. 12) ; $H = 2,14$ mm ; $h = 0,94$ mm ; $L = 1,46$ mm ; $e = 0,15$ mm ; $H/L = 1,45$.

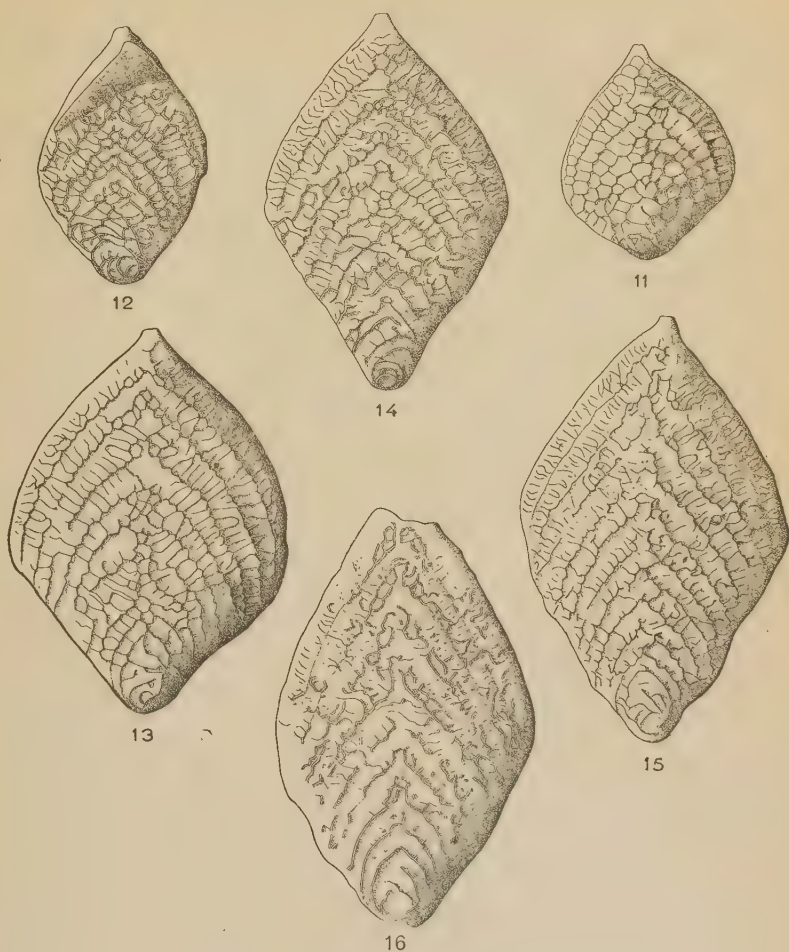


FIG. 11-16. — *Flabellina coranica* n. sp. $\times 21$.
Des marno-calcaires du Gharb (Danien).

- FIG. 11. Coll. pers. n° 4233, Lalla Mimouna (Maroc T. 334).
FIG. 12. Coll. pers. n° 4234, Had-Kourt (Maroc DAD-50).
FIG. 13. Coll. pers. n° 4233, Lalla Mimouna (Maroc T. 334).
FIG. 14. Coll. pers. n° 4235, Lalla Mimouna (Maroc T. 875).
FIG. 15. Holotype, Coll. pers. n° 4236, Lalla Mimouna (Maroc T. 875).
FIG. 16. Coll. pers. n° 4237, Sidi Moussa ben Zered (Maroc M. 614).

Rapports et différences : Cette espèce, dont l'ornementation rappelle une inscription coranique, offre une évolution phylétique

assez analogue à celle de *Fl. interpunctata*. Elle se traduit beaucoup plus franchement sur l'ornementation des flancs, qui se complique très nettement, que sur la forme générale du test. Celle-ci, de rhombique dans les individus juvéniles, devient elliptique par la suite, en même temps que sa longueur, croît plus rapidement que sa largeur. (Le rapport H/L passe de 1,85 à 1,45 pour les spécimens figurés.) Les sutures, toujours plus fortement en relief que le reste de l'ornementation, sont remplacées par des filets brisés en zigzag dans les formes jeunes. Leur contour se régularise un peu par la suite, tandis qu'elles diminuent de largeur. Enfin dans les formes séniles, les filets suturaux deviennent complètement irréguliers et se sectionnent en tronçons de longueur variable, dont le relief le plus élevé se maintient dans la zone axiale des flancs au détriment de leurs extrémités latérales, qui s'estompent, se dépriment et se réduisent même parfois à une simple ligne de pustules. Les barettes transversales, rectilignes au début, traversent presque entièrement le dessus des premières loges des formes jeunes, puis elles se réduisent peu à peu en longueur tandis qu'elles se ramifient ensuite tout en diminuant de relief ; enfin elles arrivent même à se séparer des sutures et à constituer de simples pustules plus ou moins irrégulières à la surface des loges.

Ces individus se rapportent bien à une espèce nouvelle, car ils ne peuvent dériver par évolution d'aucune des espèces précédentes. En effet, leur forme jeune nettement rhombique ne peut provenir des formes séniles de *Fl. interpunctata* qui, très allongées sont elliptiques et possèdent des sutures à sommets très bouclés. Il en est de même de *Fl. reticulata*, dont le réseau à mailles rectangulaires est plutôt régulier, les flancs plats et non bombés et la forme générale presque triangulaire. *Fl. semi-reticulata* CUSHMAN-JARVIS ne peut pas non plus être considérée comme un ancêtre de nos spécimens, car son ornementation différente ne présente aucun filet sutural apparent.

Il en est de même de *Fl. Lacostei* qui présente une ornementation différente, localisée dans la moitié supérieure du test et des flancs non bombés.

Cette espèce se distingue en outre de *Fl. wicksburgensis* HOWE¹ de l'Oligocène de Red Bluff qui présente une ornementation plus simplifiée et de *Coleites arborescens* (HALKYARD) du Priabonien de Biarritz dont l'ornementation de la surface des loges est différente, puisqu'elle est constituée par une ligne vermiculée con-

¹ 1. Journ. Pal., 1930, p. 327-331, pl. XXVII, fig. 1.

tinue, émettant des digitations vers les filets suturaux et surtout par la présence d'une carène périphérique et d'une ouverture en fente allongée au sommet non étiré de la dernière loge.

Localité : Cette espèce, très particulière, n'est encore connue qu'au Maroc, où elle paraît localisée dans la partie occidentale du Riff, à l'intérieur d'une aire limitée par les localités de Souk-el-Arba, Lalla Mimouna, Djebel Sarsar, Ouezzan et Had-Kourt. Elle est associée à une Microfaune caractérisée par *Rosalinella velascoensis* (CUSH.), *Rzehakina epigona* (RZEH.) et par l'absence des *Rosalinella Linnei* et *Stuarti* J. DE LAPP. Celle-ci se rencontre toujours dans des marnes ou marno-calcaires gris à faciès d'altération blanc, qui renferment des silex naissants et limpides. Ces couches, concordantes sur les marnes sombres du Maestrichtien, et entre qui la variation de faciès s'effectue insensiblement, furent souvent confondues avec les marnes et marno-calcaires blanches à silex calcédonieux du Suessonien dont elles sont cependant toujours séparées par une discordance peut-être peu apparente mais toujours compliquée d'une lacune sédimentaire importante, accompagnée suivant les points de traces d'émersion avec rubéfaction de leur surface supérieure (Ouezzan-Mzoufroun), ou de dépôt d'argile versicolore à gypse (Had-Kourt) ou même d'un faible niveau glauconieux (Oued-Rmel). L'âge de cette formation dont le dépôt s'effectua aussitôt après le Maestrichtien et au cours d'une régression généralisée et dont la Microfaune à affinités toujours crétacées se complique de disparition d'espèces anciennes et d'apparition de formes nouvelles, semble ne pouvoir être rapporté qu'au *Danien*.

Répartition stratigraphique comparée des Flabellina dans le Crétacé supérieur riffain.

L'extension verticale des diverses *Flabellina* rencontrées dans les Marnes du Crétacé supérieur riffain, résumée dans le tableau ci-joint, est la suivante :

Fl. macrospira Rss., ne se développe dans la région orientale du Riff (Tizeroutine), que dans la zone à *Rosalinella calcarata* (CUSHM.) qui représente, dans tout le Bassin méditerranéen et au Mexique, un horizon de puissance réduite (1-10 m) correspondant aux couches de passage Emschérien-Aturien ou limite Santonien-Campanien.

	EMSCHE- RIEN	A T U R I E N			TER- TIAIRE
		Cam- panien	Maestrich- tien	Danien	
<i>Fl. cf. macrospira</i> Rss.					
<i>Fl. interpunctata</i> , v. D. M.	?	?	?		
<i>Fl. suturalis</i> CUSHMAN.		?	?		
<i>Fl. reticulata</i> REUSS.					
<i>Fl. Lacostei</i> n. sp.				?	
<i>Fl. coranica</i> n. sp.					

Fl. interpunctata v. D. MARCK, se rencontre surtout dans l'Aturien, immédiatement au-dessus des couches à *R. calcarata* (CUSHM.). Elle se développe jusque dans l'Aturien supérieur et s'éteint un peu au-dessus des premières couches à *R. Linnei*; mut. *caliciforme* J. DE L. (*Globotruncana arca* v. *contusa* CUSHM.) et *R. Stuarti* J. DE L. (Maestrichtien inférieur) où elle est associée à *Fl. reticulata* Rss. Seule ou associée à cette dernière; elle permet de caractériser soit le Campanien soit le Maestrichtien inférieur.

Flabellina suturalis CUSHM. se rencontre de préférence dans les premiers horizons à *Rosalinella Linnei*, mut. *caliciforme* J. D. L. et *R. Stuarti*, J. D. L. (Maestrichtien inférieur à *Parapachydiscus*) et s'éteint en même temps que l'espèce précédente. La limite supérieure atteinte par cette espèce, qui est d'ailleurs très rare au Maroc, reste encore à préciser, car par suite de son manque d'ornementation elle peut être confondue avec des formes séniles de *Fl. interpunctata*, dont la croissance a été modifiée par une cause accidentelle (destruction partielle du test) ou par du rachitisme; et sur lesquelles des loges adultes non ornées peuvent se développer alors que l'individu jeune était normal.

Flabellina reticulata Rss., ne débute dans les Marnes crétacées du Gharb, que lors de l'apparition des grandes mutations *caliciformes* de *Rosalinella Linnei*, J. DE L., et des premières *R. Stuarti* J. DE L., c'est-à-dire dans les couches de base du Maestrichtien; cependant elle semble manquer presque totalement dans les faciès calcaires à *Parapachydiscus colligatus* ou

du moins y être très rare. Elle ne devient relativement commune que dans les niveaux supérieurs et s'éteint en même temps que les *R. Stuarti* et *R. Linnei* tandis qu'apparaissent les premières *R. (Globorotalia) velascoensis* (CUSHM.), (Sommet du Maestrichtien). Elle peut donc par sa seule présence caractériser le Maestrichtien et par son abondance indiquer les niveaux moyens ou supérieurs si elle est associée ou non à *Fl. interpunctata* v. DER M.

Flabellina Lacostei n. sp., est assez rare au Maroc, elle ne se rencontre que dans un intervalle vertical assez réduit. Elle débute un peu avant la disparition complète de l'espèce précédente et s'éteint tandis que la suivante apparaît. Elle caractérise donc les couches de passage du Maestrichtien au Danien.

Flabellina coranica n. sp., apparaît aussitôt après la disparition des *Fl. reticulata*, alors que la Microfaune est envahie par d'abondantes *R. velascoensis* CUSHM. et *Rzehakina epigona* RZEHAKE (association particulière du Danien à faciès profond de la Mésogée et du Mexique) et se rencontre ensuite jusqu'au sommet du Crétacé.

La répartition stratigraphique des *Flabellina* rencontrées au Maroc est identique à celle qui peut être établie en Algérie (Aurès), en Tunisie (Téboursouk), et en France (Aquitaine); sauf en ce qui concerne *Fl. Lacostei* et *Fl. coranica*, espèces exclusivement marocaines. Elle est également très comparable à celle qui fut observée par M. P. WHITE¹ au Mexique. Il semble donc que cette répartition, valable pour des régions aussi éloignées les unes des autres, puisse être considérée comme générale pour tout le Crétacé supérieur à faciès bathyal de la Mésogée.

1. Journ. Pal., 1928, p. 117-215, 280-317, et 1929, p. 30-58.

SUR LES MÉTHODES GRANULOMÉTRIQUES DE SÉDIMENTATION

PAR **A. Rivière**¹.

SOMMAIRE.

- I. Introduction. Domaine de l'analyse granulométrique par sédimentation.
- II. Principe des méthodes de sédimentation. Formule de Stokes et de Stokes-Osen. Tableaux de vitesses de chute dans quelques cas particuliers.
- III. Mise en suspension et dispersion des sédiments. Nécessité absolue d'une bonne dispersion. Exposé succinct des méthodes classiques. Un nouveau procédé; argiles H+ défloculées.
- IV. Pratique de l'analyse granulométrique par sédimentation. Exposé et discussion des méthodes proposées :
 - 1) Décantation.
 - 2) Lévigation.
 - 3) Méthode de la pipette et méthodes dérivées.
 - 4) Méthode de la balance de sédimentation et méthodes dérivées. Démonstration nouvelle des propriétés des graphiques donnés par la balance de sédimentation.
 - 5) Méthodes de sédimentation en liquide pur. Un nouveau procédé.
- V. Conclusion.
 - 1) Étude pratique de la granulométrie d'une roche argileuse.
 - 2) Signification et valeur des résultats obtenus par les méthodes de l'analyse mécanique.

I. INTRODUCTION

Les recherches effectuées pendant les dernières décades sur les sédiments meubles ont amené leurs auteurs à attacher une importance croissante à la connaissance de la constitution granulométrique de ces roches. Le volume de la littérature et le nombre des méthodes et des appareils qui s'offrent au choix du géologue sédimentaire témoignent des difficultés rencontrées et ne font guère que les multiplier pour ceux qui font une première incursion dans ce domaine. C'est avec l'espoir d'éviter aux débutants un travail bibliographique long et souvent aussi fastidieux qu'inutile — tout en leur permettant cependant de choisir en connaissance de cause et compte tenu des données physico-chimiques les plus essentielles, les méthodes qu'ils auront à employer — que cet article a été écrit. C'est la raison pour laquelle j'ai évité de tout dire et n'ai retenu que les principes fondamen-

1. Note présentée à la séance du 20 décembre 1943, déposée en décembre 1944.

taux ainsi qu'un certain nombre de données d'un ordre strictement pratique. On y rencontrera également quelques nouveautés d'ordre pratique ou théorique, acquises au cours de plus d'une année de travail.

Je laisserai de côté la question de la granulométrie des roches meubles grossières et des sables pour lesquels le problème est résolu par les méthodes de tamisage mécanique qui donnent d'excellents résultats, dont la précision ne dépend guère que de la régularité des soies à bluter ou toiles métalliques utilisées. Je me contenterai toutefois de signaler un inconvénient peu connu (1) du tamisage en présence d'eau qui devient souvent nécessaire pour les parties les plus fines, surtout en présence de « poudres » ou de matières colloïdales : il a été établi que des grains déterminés ne franchissent dans ces conditions que des toiles de mailles légèrement, mais nettement, supérieures à leur plus grande dimension et il peut rester sur chaque tamis une masse assez considérable d'éléments fins qu'il sera bon d'éliminer ultérieurement par tamisage à sec, au moins chaque fois que l'on recherche une grande précision.

Les mailles des toiles métalliques les plus fines que l'industrie puisse actuellement réaliser sont comprises entre 0 mm 03 et 0 mm 05 et ces dimensions limitent d'une manière absolue le domaine d'application des tamis. Pour les particules plus fines, dont les dimensions sont comprises entre ces limites et 0,0001 mm, on ne peut guère appliquer, en dehors des procédés de mensuration et de numération microscopiques, que les *méthodes d'analyse par sédimentation* qui font l'objet de la présente étude. Les particules de plus grande finesse, sauf le cas de floculation, ne se sédimentent plus et sont susceptibles de demeurer en suspension un temps pratiquement indéfini et l'on entre avec elles dans le domaine de ce qu'il est convenu d'appeler les éléments colloïdaux. Nous n'aborderons pas ici l'étude de ce domaine.

II. PRINCIPES DES MÉTHODES DE SÉDIMENTATION.

Les méthodes d'analyse granulométrique par sédimentation que l'on réunit généralement sous le nom d'« Analyse mécanique », reposent toutes sur la notion de *vitesse limite* prise par les particules sous l'influence d'une accélération (qui est généralement celle de la pesanteur) dans un fluide convenablement choisi (liquide ou plus rarement gaz) immobile ou non. Cette vitesse limite, que l'on peut considérer comme immédiatement atteinte dans la plupart des cas réels (en particulier pour les

grains de dimensions égales ou inférieures à 0,1 mm), dépend évidemment du poids apparent des particules (différence entre leur poids et celui du fluide déplacé) dans le champ gravifique utilisé (pesanteur ou centrifugation) et de la résistance offerte par le liquide (ou le gaz) à leur mouvement relatif, résistance qui dépend de la viscosité du milieu et aussi de la forme des particules, car il est bien évident que des particules sphériques rencontreront moins de résistance que des particules de forme irrégulière et surtout lamellaire, de même masse et de même densité, dont la surface est beaucoup plus considérable et qui subissent de ce fait des forces de frottement beaucoup plus importantes. Comme, dans un même sédiment, la forme et la densité des particules peut varier dans d'assez larges limites, le classement basé sur les vitesses-limites sera donc loin d'être granulométrique au sens strict du mot et, le calcul de facteurs correctifs étant pratiquement impossible, on ne peut guère qu'éluder la difficulté en définissant chaque catégorie d'éléments par le rayon de la particule sphérique de même densité qui présenterait la même vitesse-limite (*rayon équivalent*). Une fois cette convention faite, le problème se ramènera à celui de la détermination des vitesses-limites de particules sphériques.

De nombreuses formules empiriques ou théoriques ont été proposées pour le calcul des vitesses-limites. Les recherches récentes ont montré que la formule de Stokes

$$V = \frac{2}{9} \frac{D_1 - D_2}{\eta} g r^2 = C r^2$$

$C = \text{Cte de Stokes}$

dans laquelle r représente le rayon des particules, D_1 leur densité, D_2 la densité du liquide, g l'accélération de la pesanteur et η le coefficient de viscosité, est satisfaisante pour les particules dont le diamètre ne dépasse pas 0,05 mm, mais qu'il convient de la remplacer pour les particules plus grosses par la formule d'Osen :

$$\frac{4}{3} (D_1 - D_2) g r^2 - \frac{9}{4} D_2 V |V| \times r - 6 \eta V = 0.$$

Il y a d'ailleurs lieu de remarquer que si les coefficients r , g et D_1 qui figurent dans ces formules sont généralement bien déterminés (dans le cas des argiles, le gonflement des particules peut entraîner une variation de D_1), il n'en est pas de même de D_2 et de η pour lesquelles on prend habituellement les valeurs correspondant au liquide pur alors qu'il conviendrait d'utiliser

plutôt les valeurs correspondant à la suspension elle-même qui, surtout lorsqu'elle est épaisse et contient des matières colloïdales peut présenter des caractères physiques assez différents de ceux du liquide pur; l'erreur qui en résultera sera évidemment d'autant moins sensible que la suspension sera plus étendue et il y aura donc lieu d'éviter de trop grandes concentrations. Ajoutons enfin que si les variations de densité du liquide qui pourraient résulter de petites variations de la température ambiante apparaissent comme négligeables, il n'en est pas de même des variations de viscosité dont il est nécessaire de tenir compte : il en résulte que les mesures devront se faire dans une enceinte calorifugée ou dans un thermostat, ce qui a d'ailleurs l'avantage d'éviter les courants de convection.

Les ouvrages spécialisés contiennent, pour les différents liquides susceptibles d'être utilisés dans la pratique de l'analyse mécanique, des tables de constantes donnant la densité et la viscosité en fonction de la température, valeurs qui permettent de calculer la constante C de la formule de Stokes. Parfois même, notamment pour l'eau, elles donnent directement la valeur de cette constante en fonction de la température et de la densité des particules soumises à l'analyse mécanique. D'autres tables donnent directement la valeur de la vitesse limite des particules en suspension dans l'eau à différentes températures. Celles que nous donnons ici ont été tirées de l'ouvrage de Gessner pour le quartz (densité 2,65) et calculées directement pour d'autres densités.

Tableau I

$$D_2 = 2,65 \quad t = 25^\circ \quad \eta = 0,20895$$

$$C = \frac{2}{9} \frac{D_2 - D_1}{\eta} g = 4,02 \cdot 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,00000402	0,0000402	248.700	69 h 06'
0 5	0,000025	0,0000251	0,000251	39.810	11 h 04'
1	0,00005	0,0001005	0,001005	9.950	2 h 45' 6"
2	0,00011	0,000402	0,00402	2.473	41' 7"
5	0,00025	0,00251	0,0251	398	6' 37"
10	0,0005	0,01005	0,1005	99"	1' 39"
20	0,001	0,0402	0,402	24" 7	24" 7
50	0,0025	0,251	2,51	3" 98	3" 9

Tableau II

$D_2 = 2,35$

$t = 25^\circ$

$\eta = 0,00095$

$$C = \frac{2}{9} \frac{D_2 - D_1}{\eta} g = 3,775 \cdot 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,000003775	0,00003775	264.800	73 h 03'
0 5	0,000025	0,0000236	0,000236	42.380	11 h 46' 30"
1	0,00005	0,0000944	0,000944	10.590	2 h 57' 3"
2	0,0001	0,0003775	0,003775	2.648	44' 8"
5	0,00025	0,00236	0,0236	423.8	7' 3 ⁸ / ₁₀
10	0,0005	0,00944	0,0944	105 ⁹ / ₁₀	1' 45 ⁹ / ₁₀
20	0,001	0,02775	0,3775	26 ⁹ / ₁₀	
50	0,0025	0,236	2,36	4 ⁹ / ₁₀	

Tableau III

$D_2 = 2,50$

$t = 25^\circ$

$\eta = 0,00895$

$$C = \frac{2}{9} \frac{D_2 - D_1}{\eta} g = 3,655 \times 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,000003655	0,00003655	273.700	76 h
0 5	0,000025	0,00002285	0,0002285	43.800	12 h 10' 6"
1	0,00005	0,0000914	0,000914	18.930	3 h 2' 24"
2	0,0001	0,0003655	0,003655	2.737	45' 36"
5	0,00025	0,002285	0,02285	438 ⁹ / ₁₀	7' 18"
10	0,0005	0,00914	0,0914	109 ⁹ / ₁₀	1' 49"
20	0,001	0,03655	0,3655	27 ⁹ / ₁₀	
50	0,0025	0,2285	2,2285	4 ⁹ / ₁₀	

Ces tables ont été limitées aux grains de diamètre inférieur ou au plus égal à 50 μ pour lesquels la formule de Stokes est encore utilisable sans erreur sensible. Il est, à mon avis, superflu de se préoccuper des grains de plus fort diamètre que les tamis

Tableau IV

$$D = 2,45$$

$$t = 25^{\circ}$$

$$\eta = 0,00895$$

$$C = \frac{2}{9} \frac{D2 - D1}{\eta} g = 3,533 + 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,000003533	0,0000353	283	78 h 36'
0 5	0,000025	0,00002209	0,000221	45,27	12 h 34' 8
1	0,00005	0,0000883	0,000883	11,320	3 h 40' 70
2	0,0001	0,0003533	0,00353	2,830	47' 10"
5	0,00025	0,00221	0,0221	454" 6	7' 32"
10	0,0005	0,00883	0,0883	113	1' 53"
20	0,001	0,0353	0,353	28" 30	
50	0,0025	0,221	2,21	4" 5	

Tableau V

$$D2 = 2,40$$

$$t = 25^{\circ}$$

$$\eta = 0,00895$$

$$C = \frac{2}{9} \frac{D2 - D1}{\eta} g = 3,41 \times 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,00000341	0,0000341	293,200	81 h 30"
0 5	0,000025	0,0000213	0,000213	46,950	13 h 3"
1	0,00005	0,0000852	0,000852	11,740	3 h 15' 36"
2	0,0001	0,000341	0,00341	2,9312	48' 55"
5	0,00025	0,00213	0,0213	469" 5	7' 49" 85
10	0,0005	0,00852	0,0852	117" 4	1' 57" 4
20	0,001	0,0341	0,341	29"	
50	0,0025	0,213	2,13	4" 69	

permettent d'éliminer facilement. La température de 25° a été choisie arbitrairement pour la seule raison qu'il est commode de la réaliser facilement en toute saison dans un thermostat.

Tableau VI

$D_2 = 2,35$

$t = 25^\circ$

$\eta = 0,00895$

$$\text{Constante de Stokes : } C = \frac{2}{9} \frac{D_2 - D_1}{\eta} g = \frac{2}{9} \frac{2,35 - 1}{0,00895} \times 991 = 3,29 \cdot 10^4$$

Dimensions des particules		V. en cm	V. en mm	Temps pour 1 cm de chute	
Diam. en μ	V. en cm			Secondes	Heures
0 2	0,00001	0,00000329	0,0000329	304.000	84 h 25'
0 5	0,000025	0,00002057	0,0002057	48.610	13 h 30'
1	0,00605	0,00008225	0,0008225	12.170	3 h 22' 8"
2	0,0001	0,000329	0,00329	3.040	50' 40"
5	0,00025	0,002057	0,02057	486	8' 6"
10	0,0005	0,008225	0,08225	120"	2'
20	0,001	0,0329	0,329	30"	30"
50	0,0025	0,2057	2,057	4" 8	4" 8

III. MISE EN SUSPENSION ET DISPERSION DES SÉDIMENTS.

L'étude granulométrique des sédiments meubles par les méthodes de l'analyse mécanique nécessite évidemment que les particules les constituant soient nettement séparées les unes des autres : la mise en suspension du sédiment dans le liquide utilisé doit amener sa dispersion complète avec dislocation intégrale de tous les agrégats. Le problème est particulièrement délicat dans le cas, d'ailleurs le plus fréquent, des matériaux argilo-marneux dont il importe que le liant soit *complètement défloculé*. Plusieurs procédés ont été proposés pour le contrôle de la défloculation. Le maintien indéfini d'un trouble plus ou moins dense indique bien que la floculation n'est pas totale, mais ne peut être considéré comme une garantie de défloculation complète. On a également proposé de comparer entre elles les suspensions obtenues avec celles que l'on obtient en les diluant, par exemple au tiers ou au cinquième, avec de l'eau distillée : lorsqu'il n'y a pas de différence sensible entre ces suspensions au point de vue de leur clarification spontanée, elles seraient théoriquement correctement déflocuées car il est établi que le phénomène de floculation dépend étroitement de la concentration. Les études granulométriques des laboratoires allemands ont cependant montré

l'insuffisance de ce procédé : des suspensions obtenues par différentes méthodes à partir de la même argile et que ce test permettait de considérer comme satisfaisantes ont donné des courbes granulométriques différentes, spécialement en ce qui concerne les éléments les plus fins. En définitive, le seul critère d'une bonne défloculation est qu'aucun autre procédé ne puisse donner une proportion plus considérable d'éléments fins et ultra-fins ($0\text{ }\mu$, 5 et $0\text{ }\mu$, 2) (2).

L'expérience de nombreux chercheurs permet de considérer que le procédé simple qui consiste à disperser le sédiment par ébullition suivie ou non d'une agitation plus ou moins prolongée ne peut guère donner de résultats satisfaisants que dans des cas exceptionnels. La plupart du temps, la suspension obtenue par désagrégation spontanée, ébullition ou agitation mécanique doit être stabilisée. On peut utiliser des méthodes très diverses :

A) Très souvent, on se contente d'alcaliniser la suspension. Dans ce but, de très nombreux produits ont été utilisés : soude, carbonate de soude, silicate de soude, citrate, oxalate et, plus récemment, pyrophosphate de soude (ou mieux encore les sels correspondants du lithium), ammoniacque en solution décimor-male, etc. L'expérience a montré que ce sont en général des sels comme le citrate ou l'oxalate de soude, des bases faibles comme l'ammoniacque qui donnent les résultats les plus réguliers. Ces résultats, obtenus empiriquement, pouvaient être prévus, car on sait depuis longtemps qu'une forte alcalinisation (pH supérieur à 11) peut entraîner une refloculation des colloïdes argi-leux. Un léger excès de soude aussi bien que de carbonate ou de silicate de soude qui se comportent comme des bases très fortes amènent facilement la réaction du milieu dans ces zones de pH très élevés, tandis qu'avec des sels d'acides moins faibles (citrates ou oxalates) qui se comportent dans une certaine mesure comme des solutions tampons ayant tendance à stabiliser le pH à des valeurs plus faibles, de même qu'avec une base moins forte comme l'ammoniacque, on court beaucoup moins de risque d'at-teindre des alcalinités aussi élevées. En fait, l'emploi des dis-persifs de cette catégorie n'est vraiment correct qu'à la seule condition de contrôler le pH final des suspensions, pH qui doit varier suivant la nature du « minéral argileux » en cause et pro-bablement plus encore suivant la nature des cations adsorbés par lui. Il n'existe à l'heure actuelle aucune documentation pré-cise à ce sujet, mais l'expérience acquise au cours des recherches récentes des céramistes sur les pâtes et barbotines semble indi-quer (3) qu'il y a lieu d'amener des argiles naturellement acides

à des pH compris entre 6 et 8,5, tandis que les argiles neutres ou basiques devraient être amenées à des pH compris entre 7,3 et 10,5. Un assez grand nombre d'essais personnels m'ont amené à constater que cette règle s'applique mal aux argiles dont l'acidité naturelle souvent très forte (pH 3 et au dessous) est due à des acides minéraux (par exemple à de l'acide sulfurique résultant de l'oxydation des pyrites), ainsi qu'aux argiles calciques (ou magnésiennes) qui devront être alcalinisées jusqu'aux plus fortes des valeurs indiquées précédemment.

B) On peut également se proposer d'éliminer les cations bi ou trivalents adsorbés qui ont un grand pouvoir coagulant. Cette élimination peut se faire par différents procédés :

1. Par électro-dialyse. Les recherches de L. Longchambon (4) et de ses élèves paraissent montrer que cette méthode n'aboutit pas à une élimination complète des ions adsorbés, la suspension étant, au terme de l'opération, acide et floculée. P. Urbain, opérant sur des suspensions de concentrations plus faibles semble avoir obtenu une défloculation au moins partielle de la matière argileuse, mais il n'a donné aucune précision sur le pH final auquel aboutit l'opération (3). Rappelons le procédé ingénieux qu'il utilise pour éliminer les carbonates insolubles en les transformant en carbonates solubles par barbotage de gaz carbonique. Il semble que le même résultat puisse être obtenu en acidifiant préalablement la suspension au moyen d'acide chlorhydrique étendu jusque vers des valeurs comprises entre pH 2 et pH 3 pour lesquelles les carbonates sont transformés en chlorures solubles dissociés dont les ions sont éliminés par l'électro-dialyse. A ces concentrations, les minéraux argileux ne semblent pas être altérés.

2. Par double déplacement. L'Association Internationale pour la Science du sol a proposé en 1925 l'emploi, après destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, d'acide chlorhydrique décinormal (pH voisin de 1) qui élimine les carbonates, après quoi la suspension qui, dans ces conditions, est certainement floculée, est dispersée par agitation, une heure durant, dans de l'eau alcalinisée au moyen de soude. Demolon et Bastisse (7) dispersent le sédiment dans une solution décinormale de chlorure de potassium, de manière à remplacer par K^+ dont le pouvoir floculant est faible, les cations bivalents (Ca^{++} et Mg^{++}) adsorbés par la matière colloïdale, puis le sédiment est dispersé dans une solution étendue de citrate de sodium, de manière que le pH se maintienne entre 7 et 9, valeurs évidemment favorables. La méthode, qui donne généralement de bons résultats,

ne s'applique pas lorsque la teneur en calcaire du sédiment dépasse 15 %.

3. Personnellement, en l'absence d'électro-dialyseur, j'ai appliqué le procédé suivant qui est d'application très générale et semble donner de bons résultats. Le sédiment, délité dans l'eau distillée suivant la méthode préconisée par P. Urbain, ou le plus souvent, grossièrement pulvérisé et projeté dans de l'eau distillée (en général 10 gr. dans 100 cm³ d'eau) est dispersé par agitation prolongée. On prend alors le pH, puis, dans le vase même où l'on effectue cette mesure, on acidifie au moyen d'acide chlorhydrique décinormal — ou normal dans le cas d'un sédiment riche en calcaire — jusqu'à un pH compris entre 2 et 3. En conduisant l'opération lentement et avec précaution — ce qui du simple point de vue de la dispersion n'est pas nécessaire — on obtient une courbe de neutralisation qui est un élément important de l'étude ultérieure du sédiment mais il faut se rappeler que l'équilibre est toujours assez long à s'établir, et se défier des résultats donnés par une opération hâtive.

La solution acidifiée est agitée pendant une heure puis centrifugée. Le liquide clair est séparé et au besoin conservé pour analyse. Le culot est alors désagrégé au moyen d'un agitateur (dans le tube même servant à la centrifugation) dans une solution millinormale d'acide chlorhydrique (pH voisin de 3). Après agitation d'une heure au minimum, on centrifuge à nouveau et l'on recommence l'opération comme précédemment. Souvent le liquide surmontant le culot de centrifugation reste opalescent et ne se clarifie plus complètement, ce qui indique le début de la défloculation, *bien qu'on soit en milieu franchement acide*. On peut effectuer, si on le désire, un quatrième et un cinquième lavage acide dans les mêmes conditions, en conservant chaque fois les parties non centrifugeables de la suspension, mais, sauf dans le cas de recherches spéciales, ces précautions ne sont généralement pas nécessaires. Un excellent critère permet d'ailleurs de contrôler la fin de cette première série d'opérations : l'identité du pH de la suspension totale après dispersion et du liquide clair après centrifugation, pH qui est alors voisin de celui de la solution acide utilisée (environ 3).

L'opération se poursuit alors par des lavages à l'eau distillée pratiqués dans les mêmes conditions que les lavages acides précédents, en alternant dispersions et centrifugations. Là encore trois à quatre lavages paraissent suffisants et la fin des lavages est indiquée par l'identité des pH de la suspension et du liquide centrifugé.

Dans les suspensions acides réalisées au cours de ces opérations, les ions H^+ , en raison de leur concentration ont tendance à déplacer les divers cations adsorbés par les particules argileuses. Ultérieurement, les ions Cl^- qui auront pu être adsorbés au cours du traitement acide, mais que l'on considère comme faiblement liés auront tendance à s'éliminer pendant les lavages à l'eau distillée et à être remplacés par des ions OH^- , beaucoup plus fortement fixés. L'argile tend alors à devenir une « argile hydrogène » ou argile $OH-H$.

Après la dernière centrifugation on disperse cette argile hydrogène dans de l'eau distillée et l'on obtient souvent une suspension stable, ne se clarifiant qu'avec une excessive lenteur (sauf pour les kaolinites *sensu-stricto*). Le pH des suspensions obtenues ainsi est généralement compris entre 4 et 5. Malgré cette réaction franchement acide, ces argiles sont donc en grande partie défloculées et il est à présumer qu'elles sont mieux purifiées que les argiles électro-dialysées dans les conditions habituelles qui, d'après la plupart des auteurs seraient nettement floculées.

On voit donc que, contrairement à l'opinion courante, beaucoup d'argiles, à condition d'être suffisamment débarrassées des ions adsorbés, peuvent donner des suspensions plus ou moins défloculées, même en milieu acide et en l'absence de stabilisants colloïdaux naturels (les produits humiques ayant été préalablement détruits). La stabilité de telles suspensions est évidemment très précaire et des traces d'acides ou de sels (surtout s'ils comportent des cations polyvalents) suffiront à provoquer la floculation; celle-ci finit d'ailleurs par se produire sous la seule influence des ions provenant de l'attaque du verre des récipients (même en Pyrex).

Il est donc indispensable de stabiliser ces suspensions d'argiles purifiées; on y parviendra facilement en les alcalinisant modérément, par exemple par addition d'ammoniaque décinormale jusqu'à pH 9. On pourra également utiliser les stabilisants plus actifs qui seront indiqués plus loin.

Les résultats qui viennent d'être exposés montrent qu'en ce qui concerne la défloculation des matières argileuses, le pH, en tant qu'élément isolé n'a pas la valeur absolue qu'on a parfois tendance à lui attribuer alors que l'élimination des cations polyvalents est essentielle. Ceci permet de comprendre l'action particulièrement favorable de certains des sels mentionnés plus haut qui agissent non seulement comme alcalinisants modérés, mais surtout parce qu'ils éliminent d'une manière à peu près

complète les cathions plurivalents en les engageant dans des combinaisons insolubles ou très peu solubles dans les conditions d'alcalinité où l'on opère. C'est en particulier le cas de l'oxalate d'ammoniaque ou de soude et du pyrophosphate de soude (tout au moins vis-à-vis de Ca) que l'expérience a montré être particulièrement efficaces.

Ces considérations permettent d'établir des règles générales dans le choix des substances à utiliser pour la défloculation des substances argileuses. Elles doivent répondre aux conditions suivantes :

1° Être susceptibles de donner des combinaisons insolubles avec les cathions bi ou plurivalents présents dans la suspension.

2° Réaliser des conditions de pH telles que ces combinaisons se produisent effectivement et soient suffisamment complètes.

3° Avoir une constitution chimique telle qu'elle ne puisse conduire à des pH trop élevés, correspondant à des concentrations trop grandes en cathions monovalents, susceptibles d'amener, par effet de masse, une nouvelle floculation de l'argile.

C) On peut également stabiliser les suspensions argileuses au moyen d'agents stabilisateurs rentrant dans la catégorie de ce que l'on appelle les colloïdes protecteurs : (7) savons, gomme arabique, gélatines, protéines diverses, oléates, etc. Ces substances ont un intérêt particulier lorsque, pour une raison ou une autre, on désire respecter les particules calcaires susceptibles d'être contenues dans le matériel étudié, mais, comme elles modifient profondément la viscosité du liquide intermicellaire, et, par suite la constante de Stokes, leur emploi semble devoir rester exceptionnel, d'autant plus que leur élimination est difficile.

Certaines argiles naturelles qui, bien qu'acides, sont naturellement défloculées, doivent leurs propriétés à la présence d'une proportion plus ou moins grande d'acide humique qui agit comme colloïde protecteur, à la façon des substances qui viennent d'être citées. Pour les mêmes raisons, il importera de détruire, préalablement à toute étude, ces matières humiques. On pourra les oxyder au moyen d'eau oxygénée *pure* (l'eau oxygénée courante contient souvent des traces de Ba qui est un floculant énergique) à 20 volumes agissant à froid pendant trois jours (4), elles seront ensuite traitées comme précédemment.

D) Enfin, certains auteurs se sont contentés de lavages plus ou moins répétés et de mise en suspension par agitation dans l'eau distillée, renouvelée par des dispositifs filtrants. Les

résultats sont bons, mais, le procédé n'est pas général, en raison du colmatage des membranes qui arrête ou ralentit les opérations lorsque les particules fines sont abondantes.

Les différentes méthodes qui viennent d'être exposées sont de valeur très inégales suivant les sédiments traités et il est utile de contrôler le degré de dispersion obtenu. A l'heure actuelle, compte tenu des publications qu'il m'a été donné de consulter et de mes essais personnels, il semble que les meilleurs résultats seront obtenus en stabilisant à l'oxalate d'ammoniaque ou au pyrophosphate de soude, les suspensions obtenues par une électrodialyse très poussée ou par la méthode de double décomposition ; sous la seule réserve d'atteindre un pH compris entre 9 et 10, la quantité de stabilisateur pourra être très réduite. L'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque pourront être utilisés en solutions N/10 ou N/5 et le pyrophosphate de soude en solutions à 5 % dont on ajoutera de petites quantités à la suspension. Dans tous les cas, il sera bon de soumettre la suspension à une agitation finale prolongée (de l'ordre de 17 h.).

Ajoutons enfin qu'il est fréquemment possible d'éviter la purification préalable du sédiment par électro-dialyse ou par lavage acide en utilisant une plus forte quantité de produits dispersifs. A titre d'indication, on pourra utiliser 10 cm³ de la solution de pyrophosphate à 5 % pour peptiser 5 gr. de sédiment par agitation dans 200 cm³ d'eau (17 h. d'agitation). La suspension sera ensuite étendue à 500 cm³ (2).

IV. PRATIQUE DE L'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR SÉDIMENTATION.

Principales méthodes.

1° Décantation.

La méthode repose sur l'emploi de décantations répétées.

La suspension argileuse est abandonnée à elle-même dans un vase de hauteur h , pendant un temps t . Au bout de ce temps, les particules de dimensions supérieures ou égales à celles dont la vitesse de chute est définie par $h = vt$ ou $v = h/t$ sont déposées et leur rayon r équivalent peut-être déterminé par application de la formule de Stokes. Elles sont évidemment accompagnées de particules plus fines qui sont initialement parties d'une distance plus faible du fond. On décante puis on remet le dépôt en suspension et on recommence l'expérience dans les mêmes condi-

tions. Le nouveau dépôt contient toutes les particules de rayon égal ou supérieur à r ; mais une portion des particules plus fines qui les accompagnaient se trouve éliminée. Au bout d'un nombre assez considérable d'opérations identiques (en général 9 à 10) l'expérience et le calcul montre que l'élimination des particules légères est suffisamment poussée. En faisant varier la durée de l'expérience, on peut déterminer les fractions cumulatives correspondant chacune à des grosseurs *minima* déterminées par leur rayon équivalent et tracer la courbe correspondante. En recueillant et filtrant les fractions légères relatives à chaque opération, puis en les remettant en suspension, on pourra isoler effectivement les différentes catégories granulométriques.

La méthode est simple et donne d'excellents résultats, mais conduit à une énorme consommation d'eau distillée. De plus elle ne saurait convenir pour les particules les plus fines en raison du temps énorme qu'elle exigerait.

2° Lévigation.

Le principe des méthodes de lévigation est de soumettre la suspension à un courant ascendant vertical régulier qui entraîne toutes les particules dont la vitesse de chute est inférieure à la sienne.

En opérant avec des vitesses croissantes, on opère l'entraînement progressif et la séparation effective des fractions granulométriques. La plupart des appareils modernes comprennent plusieurs récipients de diamètre croissant (donc parcourus par un courant d'eau de plus en plus lent), placés en série et le classement se fait en une seule opération. La vitesse dans ces récipients est inversement proportionnelle à leur section donc inversement proportionnelle au carré de leur rayon; comme d'après la formule de Stokes, la vitesse de chute des particules est proportionnelle au carré de leur rayon, il en résulte que, dans le domaine d'application de cette formule, le rayon équivalent minima des particules arrêtées dans chacun des récipients successifs est inversement proportionnel au diamètre de ceux-ci. Avec un rapport des rayons des récipients extrêmes de l'ordre de 10, déjà assez difficile à réaliser pratiquement, on ne peut séparer que des granules dont le rapport des rayons est de ce même ordre de grandeur: par exemple, si le premier récipient retient des granules dont le rayon est de 0,05 mm, le dernier récipient retiendra des grains de 0,005 mm de diamètre et les grains plus fins seront entraînés à l'extérieur et recueillis d'une

manière quelconque, par exemple, par filtration. On notera que dans chacun des cylindres, les particules qui sont entraînées, le sont avec une vitesse égale à la différence entre la vitesse du courant d'eau et leur vitesse propre de chute donnée par la formule de Stokes ; cette vitesse résultante devient très lente pour les particules de diamètre voisin de celles qui sont assez grosses pour ne plus être entraînées et il en résulte que leur élimination est extrêmement lente, d'autant plus lente que l'on exige une séparation plus complète et que la partie cylindrique des récipients est plus longue, d'autant plus lente aussi qu'il s'agit de particules plus fines pour lesquelles le courant d'eau séparateur est moins rapide. A titre d'exemple, précisons, d'après Gessner (1), que pour des particules dont le diamètre s'abaisse jusque vers 0,04 mm et pour une précision du fractionnement de l'ordre du $1/10$ r, l'opération dure plus de huit heures et atteint 55 heures pour une précision de fractionnement de l'ordre du $1/100$ r.

La durée de l'opération est déjà un inconvénient sérieux et il s'y ajoute la consommation d'une énorme quantité d'eau distillée dans laquelle se trouvent dispersées les particules les plus fines qu'il peut être très difficile de séparer sans les flocculer, ce qui a évidemment pour conséquence d'interrompre l'analyse. Il y a d'ailleurs lieu de remarquer que si la dispersion a été obtenue par le seul emploi d'un peptisant, la simple dilution de celui-ci risque d'entraîner une floculation au moins partielle ; cet inconvénient n'existe évidemment pas pour les suspensions qui ont été débarrassées des cations polyvalents par double échange, dialyse ou électrodialyse. Ajoutons enfin que, lorsque l'on ne recherche pas une très grande précision et que l'on n'attache pas une grande importance à l'étude ultérieure du sédiment, on peut utiliser de l'eau de citerne ou l'eau de la distribution urbaine, simplement adoucies par passage sur des permutites (adoucisseurs d'eau pour l'usage domestique ou industriel).

Malgré ses inconvénients, la lévigation est très employée et a donné lieu à la création de nombreux appareils. Le vieux dispositif de Schultze, constitué par une série de verres coniques de diamètre croissant, disposés en escalier sur un support en bois, vaut probablement mieux que sa réputation et son utilisation pour les recherches modernes de la C. O. B. E. A. est une référence en sa faveur. Peut-être moins précis que les « élutriateurs » modernes, il est certainement plus rapide en raison de la forme conique de ses récipients. Actuellement, on utilise surtout l'appareil de Schöne et les nombreuses variantes auxquelles il a donné lieu. Il est essentiellement constitué par un tube conique à ses

deux extrémités et comportant une partie centrale élargie, cylindrique, dans laquelle se fait la lévigation. Il faut éviter de donner à cette partie cylindrique une trop grande longueur sous le prétexte d'améliorer la précision de l'appareil, car alors l'opération devient interminable pour les fractions fines. On arrive parfois à la supprimer presque complètement (fig. 1). Un manomètre, constitué par un simple tube vertical ouvert et dans lequel le liquide s'élève plus ou moins permet de contrôler la constance du débit. Le diamètre de la partie inférieure conique varie entre 10 et 50 mm sur une hauteur d'environ 50 cm, la partie cylindrique présente ce même diamètre sur une longueur de 10 cm qui ne doit jamais être dépassée. L'alimentation en eau se fait au moyen d'un récipient à écoulement constant (vase de Mariotte), d'une capacité d'environ 28 litres. On

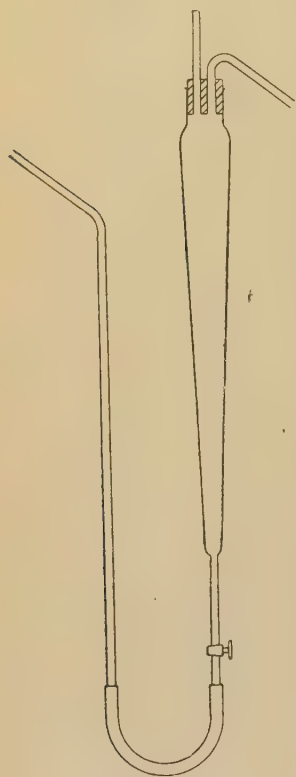


FIG. 1.

tend, à l'heure actuelle, à utiliser des appareils comportant plusieurs récipients successifs de diamètre croissant qui permettent de séparer plusieurs fractions en une seule opération, tel l'appareil de Kopecky constitué par la succession de plusieurs élutriateurs de Schöne de diamètre croissant, il y a intérêt à donner au gros cylindre la forme particulière (fig. 2) indiquée par Krauss, qui évite l'apparition des mouve-



FIG. 2.

ments tourbillonnaires et a sans doute l'avantage de raccourcir beaucoup l'opération, en raison de la suppression de la partie médiane cylindrique. L'appareil comporte habituellement trois cylindres successifs dont les diamètres sont calculés de manière à retenir respectivement les grains plus gros que 0,1 mm, les grains compris entre 0,1 mm et 0,05 mm, les grains compris entre 0,05 et 0,01 mm, les particules plus fines étant entraînées et recueillies par exemple par filtration. En se basant sur les formules de Stokes-Osen et une température de 20°, on trouve que les diamètres à donner aux cylindres successifs sont respecti-

vement de 20 mm, 37,4 mm et 187 mm, avec un débit de $146,5 \text{ cm}^3$ à la minute. Ces dimensions sont très nettement différentes de celles proposées par Kopecky (1) qui sont basées sur la formule empirique de Schöne, considérée aujourd'hui comme beaucoup moins exacte. Il y aurait intérêt, à mon avis, à introduire un quatrième récipient, destiné à retenir les grains dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,02 mm, dont le diamètre serait de 93,5 mm, qui serait interposé entre les deux derniers.

3° Méthode de la pipette et méthodes dérivées.

La méthode de la pipette consiste à laisser la suspension primitivement homogène se sédimenter dans un récipient quelconque et à faire, à des temps déterminés, des prélèvements à une profondeur déterminée (généralement décroissante) au-dessous de la surface. Au bout d'un certain temps t , tous les grains de rayon équivalent supérieur à ceux définis par la formule $vt = h$ ont parcouru un chemin supérieur à h et ne peuvent plus être prélevés par la pipette au niveau h (si la pipette est de faible dimension et l'aspiration lente et régulière, on peut admettre que le prélèvement se fait dans un plan horizontal). Les grains plus fins ont effectué un parcours plus faible et, *comme la suspension était primitivement homogène*, ceux qui ont quitté le niveau h sont remplacés par une égale quantité de grains de même dimensions venus des couches supérieures. En définitive, la composition de la fraction prélevée, est la même que celle de la suspension primitive dépourvue des grains plus gros que ceux définis par $h = vt$. En répétant le prélèvement aux temps t_1, t_2 , etc., on aura autant de suspensions qu'il suffira d'évaporer pour avoir les différentes fractions granulométriques cumulatives du sédiment.

La méthode est précise et commode, mais il est indispensable que le vase à sédimentation soit calorifugé ou enfermé dans un thermostat pour éviter les mouvements de convection. De très nombreux modèles de pipettes ont été réalisés; le plus commode est sans contredit la pipette d'Andreasen, fixée à demeure sur le vase à sédimentation, pourvue d'un robinet à deux voies et d'un tube d'écoulement latéral permettant de recueillir les prises sans déplacer l'appareil. Suivant les indications de Heikel. Vinthet et Lassen (2), il y a intérêt à réaliser une aspiration lente et régulière par l'écoulement de l'eau d'un flacon. Pour éviter les secousses, que produirait un écoulement goutte à goutte, le tube d'écoulement doit plonger dans l'eau d'un récipient quelconque

(fig. 3). Avec une pipette de 10 cm^3 dont le remplissage se fait en vingt secondes, on pourrait admettre, d'après ces auteurs, que le prélèvement du liquide se fait pratiquement dans un plan horizontal. On donne à la pipette d'Andreasen les dimensions les plus variées. Le petit modèle, de 10 cm^3 monté sur un récipient d'environ 550 cm^3 d'environ 6 cm de diamètre extérieur paraît convenir dans la plupart des cas. L'extrémité du tube plongeur se trouve au début des opérations dans un plan situé 20 cm au-

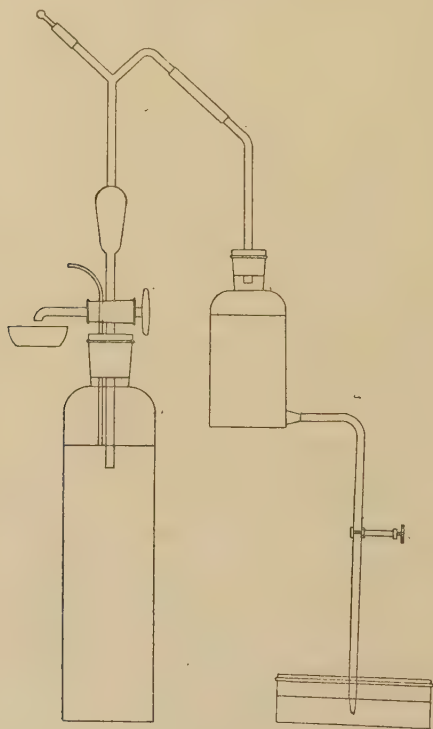


FIG. 3.

dessous de la surface et la baisse du liquide résultant des prélèvements successifs est assez rapide pour que la hauteur h relative aux fractions les plus fines soit suffisamment réduite et corresponde par suite à un temps qui ne soit pas trop considérable. Avec cet appareil, à 25°, le 9^e prélèvement, au bout de 96 h correspond à un diamètre maxima de $0,0007\text{ mm}$ (diamètre équivalent), pour des particules argileuses. Pour des particules plus fines, H. Vinthet et Lassen préconisent la même pipette, mais dont le tube plongeur est raccourci de manière à se trouver ini-

tialement à 20 mm seulement au-dessous de la surface. Ces auteurs effectuent 4 prélèvements, au bout de 0, 1, 2 et 4 jours, la hauteur h correspondant au dernier se trouvant réduite à 9 mm 4, le diamètre équivalent correspondant des particules argileuses étant alors de 0,00016 mm. Des précautions particulières doivent être prises :

1° le remplissage de la pipette s'effectue en 4 minutes, de façon à ne pas déranger la stratification des couches, 2° le réglage de l'enfoncement initial du tube plongeur doit être très précis et est obtenu de la manière suivante : deux petits tubes capillaires sont fixés soit au tube plongeur, soit au bouchon portant la pipette, de manière à ce que leur extrémité inférieure affleure exactement à 20 mm au-dessus de la partie inférieure du tube plongeur ; on règle l'enfoncement du bouchon ou le remplissage du vase à sédimentation en se basant sur l'ascension rapide qui se produit dans les capillaires dès qu'ils viennent affleurer la surface du liquide. Grâce à cet ensemble de dispositifs ingénieux, les auteurs obtiennent en 4 jours des résultats qui, avec la pipette normale demanderaient une expérience de 69 jours.

La méthode de la pipette a donné lieu à des variantes intéressantes :

a) la méthode des flotteurs (8), basée sur l'emploi de flotteurs complètement immergés qui descendent progressivement dans le liquide en restant dans la couche de suspension dont le poids spécifique moyen est égal au leur. Soit P le poids spécifique du flotteur, h la profondeur d'équilibre au temps t . On sait que les particules plus grosses que celles définies par $h = vt$ ont effectué un parcours supérieur à h et n'existent plus, ni au niveau du flotteur, ni au-dessus, tandis que la proportion des particules plus fines n'est pas modifiée, par rapport à la composition initiale à ce même niveau. Soit pl le poids spécifique du liquide pur, pa , le poids spécifique de la matière en suspension, q , le nombre de grammes de cette matière par litre de la suspension au niveau du flotteur, on aura :

$$P = pl \left(1 - \frac{q}{pa} \right) + q = pl + q \left(1 - \frac{pl}{pa} \right)$$

$$\text{d'où } q = \frac{P - pl}{pa - pl} pa$$

Tous les éléments figurant au second terme de cette égalité sont connus et constants ; on voit que pour une substance et une température déterminée, q , est caractéristique du flotteur.

C'est la proportion de grains de rayon équivalent inférieur au rayon défini par la formule de Stokes-Osen en fonction de h et t . Ce rayon dépend évidemment de la composition granulométrique initiale de la suspension et q représente la fraction cumulative correspondante. Avec un certain nombre de flotteurs, de densités différentes comprises entre la densité initiale de la suspension et celle du solvant pur, on tracera facilement la courbe cumulative, avec une précision au moins égale à celle de la méthode de la pipette (les flotteurs pouvant être de très petit volume), et ce résultat est obtenu sans pesées ni manipulations fastidieuses.

On remarquera que les grains se trouvant en suspension au-dessus du flotteur, ayant une vitesse de descente inférieure à h/t ne peuvent se déposer sur le flotteur et fausser son équilibre. Il est indiqué de lester les flotteurs, généralement construits en verre au moyen de limaille de fer, ce qui permet de les attirer avec un aimant près des parois de l'éprouvette pour faire la lecture de la profondeur d'immersion.

Le seul inconvénient de ce procédé est qu'il est plus difficile que pour la méthode de la pipette, de réaliser autour de l'éprouvette une enceinte à température constante.

b) La *méthode du densimètre* (9) repose sur la mesure de la densité moyenne d'une tranche de liquide correspondant à la hauteur du flotteur de l'appareil, c'est-à-dire d'une tranche épaisse et, chose grave pour la précision de la méthode, du même ordre de grandeur que les hauteurs de chute des particules. Par ailleurs, le poids spécifique apparent de l'appareil variant au fur et à mesure de l'immersion de l'appareil, sa vitesse d'enfoncement n'est pas constante (contrairement à celle des flotteurs totalement immergés) et des particules se déposent à la partie supérieure, modifiant son équilibre. La technique préconisée par Petersen, qui consiste à retirer le densimètre entre chaque mesure évite cet inconvénient, mais il paraît difficile d'admettre que la manœuvre du densimètre dans une éprouvette étroite n'apporte aucune perturbation dans la suspension. Le calcul des résultats est assez compliqué, mais a été simplifié par l'emploi d'abaques proposés par le même auteur. La méthode de Petersen ayant été reprise (10) dans son intégralité par un ouvrage français récent (10), qui en reproduit également les abaques, il me paraît inutile d'y insister davantage.

4^o Méthode de la « balance de sédimentation »
et méthodes dérivées.

Le principe de la méthode est de déterminer à chaque instant la masse de sédiment déposée sur un plateau immergé à une profondeur déterminée dans la suspension. De nombreux dispositifs mécaniques, aussi ingénieux que compliqués ont été réalisés et donnent directement la courbe représentative des masses déposées (ordonnées), en fonction des temps (abscisses). On démontre que les *tangentes* à cette courbe, en chaque point d'abscisse t , découpent sur l'axe des ordonnées des segments proportionnels au pourcentage des grains dont la grosseur est telle qu'ils se soient déjà déposés. La démonstration habituelle de cette propriété est compliquée et fait appel à des éléments de mathématiques supérieures; il est cependant possible d'en établir une démonstration simple :

Soit un sédiment, de poids total W , constitué par un nombre quelconque de classes de grains ne différant que par leurs dimensions; supposons que ce sédiment soit dispersé d'une manière homogène dans un liquide de densité plus faible, sur une hauteur h . Les grains des différentes classes granulométriques gagnent le fond avec des vitesses $V_1, V_2, \dots, V_n, \dots$ d'autant plus faibles qu'ils sont plus petits. Soient $W_1, W_2, \dots, W_n, \dots$ les masses totales de chacune des classes de grains. Si, au bout d'un certain temps, nous considérons une tranche de la suspension dont la profondeur est telle qu'elle n'ait pu être atteinte par aucun des grains partis de la *surface*, nous constatons que sa composition ne s'est pas modifiée, car les grains qui en sont sortis ont été remplacés par ceux qui sont descendus des couches supérieures avec les mêmes vitesses et en même proportion, pour chaque classe granulométrique, puisque la répartition était primitivement homogène. Il en résulte que pendant cette même période, il se dépose sur le fond du récipient, pendant chaque unité de temps, une quantité de grains de chaque classe *constante* et égale à celle primitivement contenue dans une tranche de hauteur égale à la vitesse de chute de cette classe, c'est-à-dire à $(W_n/h) V_n$ et, la vitesse totale de sédimentation (masse déposée par unité de temps) est

$$D_1 = 1/h (W_1 V_1 + W_2 V_2 + \dots + W_n V_n + \dots)$$

Au bout d'un temps $t_1 = h/V_1$, les grains les plus gros ont tous atteint le fond, mais rien n'est changé pour ceux des autres catégories et la nouvelle vitesse de sédimentation est :

$$D2 = 1/h (W2V2 + W3V3 + \dots + WnVn + \dots)$$

Il en résulte que les masses de sédiment déposées dans les intervalles 0 à t_1 et t_1 à t_2 sont respectivement $D1 t_1$ et $D2 (t_2 - t_1)$ et l'on a par ailleurs $D1 - D2 = 1/h (W1V1)$.

De même, au bout du temps t_n correspondant à la chute complète des grains de la classe n , de vitesse V_n , on a, pour les vitesses de sédimentation.

$$Dn = 1/h (Wn Vn + W_{n+1} V_{n+1} + \dots + \dots \text{etc.}) \text{ et} \\ D_{n+1} = 1/h (W_{n+1} V_{n+1} + W_{n+2} V_{n+2} + \dots + \dots \text{etc.})$$

Il vient $Dn - D_{n+1} = 1/h Wn Vn$, la quantité de sédiment déposée dans l'intervalle t_n , t_{n+1} étant $D_{n+1} (t_{n+1} - t_n)$.

Les vitesses de sédimentation $D1, D2, \dots, Dn, \dots$ vont évidemment en décroissant et la courbe représentative du phénomène (fig. 4) est une ligne brisée $OP_1P_2\dots P_n\dots$ dont les

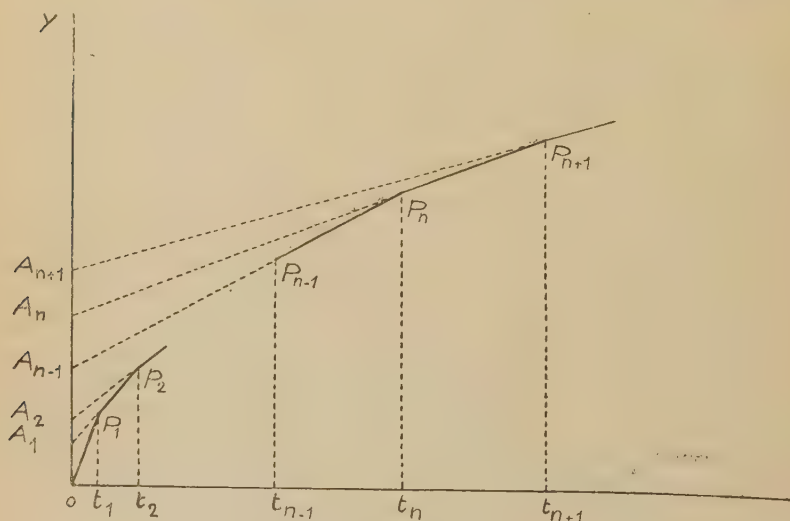


FIG. 4.

segments ont précisément pour pente $D1, D2, \dots, Dn, \dots$. La droite obtenue en prolongeant l'un quelconque de ces segments a pour équation

$$Y = t_{n-1} P_{n-1} + Dn (t - t_{n-1}).$$

Cette droite coupe l'axe des ordonnées en un point A_{n-1} tel que

$$O A_{n-1} = t_{n-1} P_{n-1} + Dn (0 - t_{n-1})$$

Remarquons alors que la longueur du segment $t_{n-1} P_{n-1}$ n'est autre chose que la masse totale de sédiment déposée au temps t_{n-1} et est, par suite, égale à la somme des dépôts partiels pendant chacun des intervalles précédents :

$$t_{n-1} P_{n-1} = D_1 t_1 + D_2 (t_2 - t_1) + \dots + D_{n-1} (t_{n-1} - t_{n-2})$$

d'où

$$OA_{n-1} = t_1 (D_1 - D_2) + \dots + t_{n-2} (D_{n-2} - D_{n-1}) + t_{n-1} (D_{n-1} - D_n)$$

et, en remplaçant les différences $D_{n-1} - D_n$ par les valeurs trouvées plus haut

$$OA_n = 1 = 1/h (W_1 V_1 t_1 + \dots + W_{n-1} V_{n-1} t_{n-1}).$$

et, comme nous avons $h = V_1 t_1 = V_2 t_2 = \dots = V_n t_n$, il vient

$$OA_{n-1} = W_1 + W_2 + \dots + W_{n-1}.$$

La longueur interceptée sur l'axe des ordonnées représente donc la masse totale des sédiments déposés au temps t_{n-1} . Ce résultat est vrai, quel que soit le nombre de classes de grains et si voisines soient-elles les unes des autres. Si, comme c'est pratiquement le cas pour la plupart des sédiments réels, la dimension des grains varie d'une manière continue, la ligne brisée devient une courbe continue, telle que la donne la balance de sédimentation et les droites telles que $P_{n-1} P_n$ deviennent les tangentes à cette courbe qui découpent donc sur l'axe des ordonnées des longueurs proportionnelles à la masse déjà sédimentée au temps correspondant, *c. q. f. d.*

La nécessité de déterminer les tangentes à une courbe est certainement un inconvénient de la méthode qui, par ailleurs, comporte habituellement une hauteur de chute rendant le procédé inapplicable pour les particules fines des sédiments argileux. Par contre, on a plus de chances de mettre ainsi en évidence des irrégularités de la répartition granulométrique, importantes au point de vue théorique et que les méthodes discontinues pourraient laisser échapper.

La méthode de la balance de sédimentation comporte des variantes très ingénieuses connues sous le nom de méthodes manométriques. Elles consistent à évaluer la différence de hauteur entre la colonne de suspension et la colonne de liquide pur qui, dans les mêmes conditions de température, lui fait équilibre hydrostatiquement, les deux colonnes communiquant à leur par-

tie inférieure. Au fur et à mesure du dépôt des particules ou, plus exactement, de leur passage dans le plan d'équilibre des deux colonnes liquides, la densité de la suspension sus-jacente décroît et la dénivellation diminue. Soit H la hauteur de la colonne de liquide pur faisant équilibre à une colonne de suspension de hauteur h , soit pl le poids spécifique du liquide pur à la température de l'expérience, le poids spécifique de la suspension sera p tel que

$$p \times h = pl \times H \text{ d'où } p = pl \times H/h.$$

D'autre part, on a vu plus haut (méthode des flotteurs) que la teneur de la suspension est donnée par la formule

$$q = pa \frac{p-pl}{pa-pl} \quad \text{d'où} \quad q = pl \frac{H-h}{h} \frac{pa}{pa-pl}$$

$$q = \frac{pa pl}{pa-pl} \frac{H-h}{h}$$

Comme on s'arrange toujours pour que h varie peu en valeur relative, que pa (poids spécifique de l'argile) et pl sont constants, on voit que la teneur de la suspension peut être considérée comme proportionnelle à la dénivellation; la diminution de celle-ci est proportionnelle à la quantité de sédiment qui a franchi le plan d'équilibre des deux tubes et l'on se trouve ramené à un problème d'interprétation identique à celui de la balance de sédimentation.

Là encore, de multiples dispositifs ont été inventés pour rendre les lectures plus faciles, soit en accroissant le déplacement des ménisques liquides (dispositifs différentiels à deux liquides de densité voisine — seconde branche inclinée sur la verticale, etc.) soit en accroissant la précision de la mesure et en rendant l'enregistrement automatique (dispositifs mécaniques et photographiques avec grandissement optique).

5° Méthodes de sédimentation en liquide pur.

Ces méthodes consistent à introduire le sédiment (en suspension ou non) au sommet d'une colonne constituée par le liquide pur (1). Les grains descendent d'autant plus vite que leur rayon équivalent est plus grand et arrivent au bas de la colonne parfaitement classés. Des dispositifs très variés permettent de recueillir séparément les fractions successives correspondant à des temps de chute déterminés. La méthode est excellente pour les

sables fins et les poudres, mais ne peut s'appliquer aux suspensions colloïdales — ce qui est précisément le cas des argiles —, car celles-ci se comportent comme un liquide dense, non instantanément miscible au liquide pur de la colonne, et qui descend en veines à travers ce dernier.

J'ai imaginé de remédier à cet inconvénient en ajoutant à la suspension argileuse un liquide léger, miscible et ne coagulant pas la matière colloïdale, de manière à ramener la densité de cette suspension à une valeur un peu inférieure à celle qui correspond au liquide pur. La plupart du temps, l'alcool semble pouvoir être utilisé : la suspension allégée doit être versée avec précaution au sommet d'une colonne de solvant pur assez étroite pour éviter une turbulence notable. Il faut opérer dans une pièce à température sensiblement constante et en dehors des rayons solaires. La suspension allégée surnage et ne se mêle que lentement par diffusion au liquide sous-jacent. On voit alors les particules quitter progressivement la suspension et descendre à travers le solvant pur, à la manière des minéraux lourds séparés d'un sable par le moyen d'une liqueur dense. En se servant des nombreux dispositifs décrits pour l'application de la méthode de chute en solvant pur ou même d'une simple éprouvette, on peut isoler différentes fractions, mais comme, en la circonstance, ce sont surtout les fractions les plus fines qui sont intéressantes, il conviendra de réduire beaucoup la hauteur de chute et de la ramener, par exemple, à moins de vingt centimètres. Cette diminution de la hauteur des appareils réduira la durée des opérations, ce qui limitera la diffusion lente, mais inévitable de la suspension légère flottant au sommet de la colonne liquide.

Le procédé convient bien aux fractionnements portant sur les particules dont les dimensions équivalentes descendent jusque vers 1 à 2 μ , la durée des opérations ne dépassant pas quelques heures. Aucun autre procédé, à ma connaissance, ne pourrait donner ce résultat (sauf peut-être des centrifugations fractionnées dont l'emploi est délicat).

On pourra objecter que le procédé est affecté d'une cause d'erreur systématique tenant à l'épaisseur de la suspension flottant au sommet de la colonne de solvant pur, puisque les particules partent évidemment des différents points de cette suspension. Toutefois, comme avec l'alcool, qui est le plus fréquemment utilisé, la viscosité du solvant est fortement diminuée, les vitesses de chute sont fortement augmentées et l'erreur sur le point de départ des particules réduit d'autant. Avec une concentration en alcool de 24 %, à la température de 20°, la vitesse de chute est

doublée et, en considérant le cas pratique d'une couche de suspension épaisse de 2 cm flottant sur 10 cm d'eau, on pourra prendre comme hauteur moyenne de chute $10 \text{ cm} + 4 \text{ cm}$ ou plus exactement $10 \text{ cm} + 2 \eta_1 \eta_2$, $\eta_1 \eta_2$ étant respectivement les coefficients de viscosité relatifs au liquide pur et à la suspension alcoolique. L'importance de l'erreur commise dépend évidemment de la granulométrie du sédiment ; elle ne semble pas être sensiblement supérieure à celle que comportent les autres procédés (hauteur de la tranche prélevée dans la méthode de la pipette, hauteur du flotteur dans la méthode du densimètre). Une autre cause d'erreur tient à la diffusion du liquide léger, mais nous avons vu qu'il est possible de la limiter en réduisant la hauteur de la colonne classante.

On pourra d'ailleurs compenser ces erreurs en recourant simplement au vieux procédé de la mensuration microscopique des grains des différentes fractions séparées.

V. CONCLUSION.

Il m'a paru utile de terminer cet exposé des méthodes d'analyse mécanique qui ont été proposées par la description de la technique que j'utilise personnellement et qui tout en assurant une défloculation complète ne comporte pas de manipulations exagérément longues. Cette technique a été mise au point au cours de recherches dans lesquelles l'étude des éléments argilo-siliceux était la préoccupation dominante et, par suite, elle ne saurait s'appliquer au cas où l'on désire sauvegarder les éléments carbonatés, et, en particulier des restes organiques. La succession des opérations est la suivante :

1° 10 gr. du sédiment sont grossièrement désagrégés dans un mortier de bois et sont mis en suspension dans environ 100 cm³ d'eau distillée par agitation prolongée.

2° La suspension obtenue est acidifiée, au moyen d'acide chlorhydrique décimormal, jusqu'aux environs de pH 2 (contrôlé au moyen de l'électrode de verre). Dans le cas d'un sédiment marneux, il y aura lieu d'utiliser une solution normale d'acide chlorhydrique et la courbe de neutralisation donnera une idée approchée de la teneur en carbonates. L'équilibre d'adsorption qui se produit entre l'acide et la matière argileuse n'est pas instantané, mais, comme l'opération a pour but essentiel d'amener à l'état d'ions les métaux étrangers au réseau argileux, une grande précision n'est pas nécessaire.

3° La solution ainsi acidifiée est soumise à une nouvelle agi-

tation (1 h) à la suite de laquelle le pH doit rester compris entre 3 et 2. On ajoutera, s'il est nécessaire, quelques gouttes d'acide décimormal. Deux cas peuvent alors se présenter :

a) On dispose d'un électro-dialyseur :

La suspension, agitée par un agitateur mécanique ou, par le moyen d'un barbotage d'air, est soumise à une électro-dialyse prolongée (sous 100 v. environ avec l'électro-dialyseur Poulenc). Le débit d'eau distillée, dans les chambres latérales de l'appareil doit être réglé de manière à ce que l'intensité du courant électrique ne s'élève pas trop et il est progressivement réduit jusqu'à une valeur très faible (quelques gouttes par minute). Lorsque l'intensité du courant s'est abaissée *dans ces conditions*, jusque vers 0,5 à 1 milliampère, on peut considérer l'opération comme terminée et l'on obtient, avec beaucoup de sédiments argileux des suspensions épaisses *très longtemps stables* (pas avec des kaolins) malgré un pH relativement bas, de l'ordre de 3,50 à 4. Ce résultat, qui ne semble pas avoir été obtenu jusqu'ici, indique une élimination probablement très complète des cathions qui tient à la fois à l'acidification préalable et aux conditions un peu particulières de l'électro-dialyse évitant un affaiblissement trop rapide du champ électrique dans la suspension, affaiblissement qui est très rapide lorsque la circulation de l'eau distillée est abondant dans les chambres latérales de l'électro-dialyseur.

b) On ne dispose pas d'électro-dialyseur :

On applique la méthode des lavages multiples décrite au paragraphe III.

4° La suspension obtenue est alors stabilisée par alcalinisation au moyen d'ammoniaque décimormal jusque vers pH 9, ou, mieux, si l'on ne se propose que son étude granulométrique, au moyen de pyrophosphate de soude (par. III).

Elle est ensuite passée au tamis le plus fin que l'on possède (300 ou 350). Les particules retenues sont lavées sur le tamis, au pinceau et sous un jet de pissette à eau distillée — lavage qui se fait très rapidement et avec une quantité d'eau très minime. Cette fraction grossière pourra, évidemment, être fractionnée ultérieurement par tamisage à sec en raison de l'élimination des éléments colloïdaux ; on pourra en séparer facilement les minéraux lourds.

5° Deux cas sont à distinguer :

a) On ne se propose que l'étude granulométrique du sédiment : il suffira de soumettre la suspension à l'analyse mécanique par la méthode de la pipette ou des flotteurs.

b) On se propose un fractionnement de la matière argileuse.

On prélèvera une partie (la moitié et le tiers de la suspension débarrassée de ses éléments grossiers) et, par la méthode à l'alcool décrite plus haut, on en séparera les éléments de dimension équivalente supérieure à 0,002 ou 0,0015 mm. La suspension étendue et alcoolique restante sera concentrée et débarrassée de l'alcool par ébullition, de préférence sous vide, puis fractionnée par centrifugation ou sédimentation prolongée selon les besoins des recherches en cours.

Le reste de la suspension sera étudié comme indique la méthode de la pipette ou celle des flotteurs.

SIGNIFICATION ET VALEUR DES RÉSULTATS OBTENUS PAR L'ANALYSE MÉCANIQUE

Je terminerai cette étude de l'analyse mécanique des sédiments par une discussion de la valeur et de la signification des résultats obtenus. J'ai signalé, dès le début de ce travail, une première cause d'erreur des méthodes de l'analyse mécanique, qui tient à ce que l'on fait intervenir les densités et coefficients de viscosité du liquide pur, et non, comme il serait logique, ceux de la suspension elle-même, qui sont certainement différents. Il y a là une difficulté fondamentale qui affecte toutes les opérations d'analyse mécanique, quelle que soit la nature de la suspension étudiée, mais dont il n'est pas impossible d'envisager l'élimination par des mesures directes de ces grandeurs (lorsque l'on se propose d'arriver à une grande précision qui n'est que rarement recherchée). Il y a beaucoup plus grave en ce qui concerne les sédiments argileux. D'abord la densité des « minéraux argileux » est essentiellement variable avec leur nature minéralogique et cette variabilité est encore affectée par des phénomènes de gonflement dont il est pratiquement impossible d'évaluer l'importance et qui dépendent à la fois de la nature de la dimension des particules et de la réaction du milieu. Il est probable aussi que la forme des particules phylliteuses, et en particulier leur aplatissement moyen est loin d'être constant et ce facteur affectera fortement leur vitesse-limite de chute. Il apparaît donc qu'en ce qui concerne les sédiments argileux, les résultats de l'analyse mécanique n'ont absolument rien de comparable avec ce qu'ils peuvent donner, par exemple, pour des sédiments sableux et il suffit d'une observation microscopique même sommaire pour se rendre compte de ce fait. On devra toujours se rappeler que les grosseurs qui interviennent dans l'analyse mécanique des sédiments argileux n'ont que de très

lointains rapports avec les dimensions géométriques réelles des particules et qu'elles ne sont autre chose, en fait, qu'une représentation symbolique des vitesses de sédimentation du sédiment défloculé. C'est d'ailleurs ce qui fait l'intérêt, souvent très grand, des résultats de l'analyse mécanique, à la fois au point de vue théorique et, indirectement, au point de vue pratique. S'il n'en résultait un trop grand bouleversement des habitudes acquises, il y aurait le plus grand intérêt à introduire les vitesses ou les temps de chute dans les représentations « granulométriques », soit par eux-mêmes, soit par une fonction simple (racine carrée ou logarithme). On éviterait ainsi toutes les difficultés théoriques relatives à l'emploi de telle ou telle formule et les dimensions réelles des éléments des diverses fractions pourraient être déterminées par le moyen du microscope.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. H. GESSNER. — L'Analyse mécanique, trad. française par J. Ph. Buffle, p. 159, Dunod, 1936.
2. HEIKEL, VINHET et LASSEN. — La mesure des grosseurs de grains dans les kaolins et les argiles, *Ber. d. D. Keramschen Gesellschaft*, 14, n° 7, p. 259-279, 1933.
3. BARKER and TRUOG. — Amélioration de la qualité des argiles au moyen du contrôle de leur pH, *Journ. Am. Cer. Soc.*, 22, 9, p. 308, 1939.
4. L. LONGCHAMON et J. ZAJTMANN. — Recherches sur les propriétés physicochimiques des argiles kaoliniques, *Bull. Soc. fr. de Minéralogie*, LXII, n° 1, p. 5, 1939.
5. P. URBAIN. — Introduction à l'étude pétrographique et géochimique des roches argileuses, *Exposés de Géologie*, V, vol. II, p. 75, Paris, 1937.
6. DEMOLON et BASTISSE. — Sur la dispersion des colloïdes argileux. Application à leur extraction, *Ann. Agronom.*, 1935, p. 1.
Influence des anions sur la floculation de l'argile colloïdale par les sels de potassium, *CR. Ac. Sc.*, 195, p. 790, 1932.
7. M. DREYFUSS. — Les Marnes du Lias de Franche-Comté, *Bull. Soc. Hist. Nat. du Doubs*, n°s 43 et 44, 1935.
8. SOREMBERG. — La méthode de la balance de sédimentation pour la détermination de la répartition des grains, *Ber. d. D. Keramschen Gesellschaft*, 23, 8, p. 271, 1942.
9. W. PETERSEN. — Das Araometerverfahren zur Korngrossenbestimmung, *Sprechsaal für Keramik*, p. 423, Coburg, 1935.
10. B. BRAJNIKOV, C. FRANCIS-BOEUF, ROMANOVSKY. — Techniques d'études des sédiments, *Act. Scient. et Industrielle*, p. 65, 1943.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

RAPPORT DE LA COMMISSION DE COMPTABILITÉ

EXAMEN DES COMPTES DE 1944.

A. — BUDGET DE LA SOCIÉTÉ

Le bilan présenté pour l'année 1944 est encore déficitaire, bien que les recettes soient en augmentation d'environ 43.000 fr. sur celles de 1943. C'est que les dépenses de l'exercice ont augmenté de près de 80.000 fr. Il est inutile de développer les raisons évidentes de la montée des prix qui explique cette situation. La Société n'a pu assurer ses publications que grâce à la subvention du Centre National de la Recherche Scientifique, à qui nous devons exprimer notre reconnaissance pour avoir porté cette subvention à 75.000 fr. en 1944, au lieu de 50.000 fr. en 1943.

Les Comptes de l'exercice 1944 se présentent de la façon suivante :

Recettes. — 315.891 fr. 20 dont 177.791 fr. 20 encaissés et 131.000 restant à percevoir, 7.100 fr. ayant été reçus en 1943.

Dépenses. — 364.813 fr. 92 dont 119.269 fr. 32 étaient payés au 31 décembre; il restait à payer 245.544 fr. 60.

Les dépenses se décomposent comme suit :

Frais généraux.....	100 252, 15
Frais de publications.....	239.831, 05
Bibliothèque.....	7.967, 50
Divers.....	16.763, 22
	364.813, 92 -

L'exercice 1944 se solde par un déficit de 48.922 fr. 72.

Les recettes en Trésorerie pour l'ensemble des comptes de la Société, sauf les comptes Prix, se sont élevées à 314.251 fr. 10.

Les dépenses en Trésorerie des mêmes comptes se sont élevées à 286.311 fr. 17, ce qui laisse une augmentation de Trésorerie de 27.939 fr. 93.

COMPTÉ GÉNÉRAL SOCIÉTÉ

Opérations 1944.

Recettes		Dépenses	
Revenus titres.....	46.051,40	Publications :	
Cotisations.....	105.450 —	C. R. somm.....	35.993
Ventes et abonn ^{ts} :		Bulletins.....	140.438,05
Bulletins : abonn ^{ts} ..	5.540 —	Mémoires.....	62.000 —
ventes....	45.021,40	Bandes pour expéd..	1.400 —
Mém. : Souscript....	11.480 —	Loyer, chauff., éclair..	21.882,80
ventes....	45.339 —	Impôts, assurances...	6.088 —
Ventes diverses.....	2.758 —	Assurance Accidents..	613 —
Subvention.....	75.000 —	Ports divers.....	2.931,60
Recettes diverses....	2.598,40	Bibliothèque : fi ch es	
Tirés à part.....	4.405 —	reliures.....	7.967,50
Retenues Impôts...	2.564 —	Secrétariat, frais de	
Assur. soc.....	4.824 —	bureau, téléphone..	62.350,75
Taxes diverses.....	1.267,80	Ass. soc.....	3.648 —
Remb. du Compte		» Compens....	2.736 —
Prix.....	492,50	» Rappel.....	8.102,50
	315.891,20	Taxes diverses.....	1.641,90
		Dépenses diverses....	2.022,82
Solde débit. exercice	48.922,72	Tirés à part.....	1.015 —
	364.813,92	Retenues sur Trait....	2.564 —
		Payé p. Compte Prix..	417 —
		Versé au Fonds Boiton.	1.000 —
			364.813,92

Situation fin 1944.

Crédit		Débit	
Cotisations à vie.....	13.000	Solde débit. exercice..	48.922,72
Règlém. comptes clos.	6.432,45	Règlém. comptes clos.	—
Obligations rembour-			48.922,72
sées.....	1.272,90		
	20.405,35		
Dimin. actif dispon...	28.517,37		
	48.922,72		

PROJET DE BUDGET 1945

Opérations 1945.

Recettes		Dépenses	
Revenus titres.....	46.000 —	Publications :	
Cotisations.....	150.000 —	C. R. somm.....	55.000 —
Ventes et abonn ^{ts} :		Bulletins.....	180.000 —
Bulletin : Abonn ^{ts} ..	45.000 —	Mémoires.....	100.000 —
Ventes....	30.000 —	Loyer, chauffage, éclai-	
Mém. : Souscript....	45.000 —	rage.....	25.000 —
Ventes....	35.000 —	Impôts, assurances...	8.000 —
Subventions.....	75.000 —	Ports divers.....	6.000 —
Recettes diverses.....	7.000 —	Biblioth., fiches, reliure	45.000 —
Contributions auteurs.	10.000 —	Secrétariat, frais de bu-	
	353.000 —	reau, téléphone....	90.000 —
Solde débiteur.....	431.000 —	Dépenses diverses....	5.000 —
	484.000 —		484.000 —

COMPTE BIBLIOGRAPHIE**Opérations 1944.**

Recettes		Dépenses	
Subventions.....	18.880,—	Secrétariat 1944.....	12.000,—
Souscriptions...A....	6.588,—	Impression, t. XV.....	20.000,—
Ventes.....	6.790,—	Cotisations Fédération.	200,—
	<u>32.258,—</u>	Remises sur ventes...	<u>659,—</u>
Solde débit. exercice.	601,—		<u>32.859,—</u>
	<u>32.859,—</u>		

Situation fin 1944.

Crédit		Débit	
Augment. du déficit...	3.079,30	Solde débit. exercice.	601,—
		Comptes clos.....	<u>2.478,30</u>
			<u>3.079,30</u>

COMPTE PRIX**COMPTES AFFECTÉS****Opérations 1944.**

Recettes		Dépenses	
Revenus.....	6.665	Prix Viquesnel.....	639,50
		Fondation.....	
		Droits de garde.....	<u>220,50</u>
			860,00
		Solde crédit. exercice.	<u>5.805,00</u>
			<u>6.665,00</u>

COMPTE DE GESTION**Opérations 1944.**

Recettes		Dépenses	
Revenus.....	230,20	Circulaires, affranchis.	153,—
		Solde crédit. exercice.	<u>77,20</u>
			<u>230,20</u>

Les prévisions pour 1945 conduisent à mettre en évidence un déficit probable de 131.000 fr., lequel dépasserait 200.000 fr. si la subvention du C. N. R. S. venait à nous manquer. Mais nous avons le ferme espoir que celle-ci sera maintenue et peut-être un peu augmentée.

Votre Commission toutefois, devant cette aggravation du déficit, est obligée de demander au Conseil de la Société d'étudier dès maintenant les mesures à prendre pour augmenter les recettes, les frais généraux et d'impression ne pouvant encore que s'accroître et les compressions de dépenses, sur les publications, étant impossibles à moins de réduire le volume de celles-ci et de porter alors préjudice au rayonnement scientifique de notre Société.

L'examen de la comptabilité a permis à la Commission de constater la parfaite régularité des comptes et toutes justifications ont été fournies.

La Commission de Comptabilité vous propose donc d'approuver les Comptes, qui sont conformes aux livres et d'adresser à votre trésorier sortant, M. A.-F. de Lapparent, tous nos remerciements pour son actif dévouement, en lui donnant en outre *quitus* de sa gestion.

Il n'est que juste d'exprimer aussi à M^{me} Mémin, notre gérante, outre les très vifs regrets que nous cause sa prochaine retraite, notre profonde reconnaissance pour l'immense travail, l'intelligence et le dévouement qu'elle a pendant de nombreuses années prodigués à notre Société, et ce dans tous les domaines : celui de la comptabilité ne fut pas le moindre.

Paris, le 22 juin 1945.

Léon LUTAUD.

TABLE

DES NOTES ET DES MÉMOIRES CONTENUS

DANS LE VOLUME XIV DU BULLETIN (1944)

	Pages
Jean Roger. — <i>Acantholeuthis (Belemnoteuthis) syriaca</i> n. sp. Céphalopode Dibranche du Crétacé supérieur de Syrie (3 fig.).....	3
P. Fallot. — Observations sur la Tectonique de la zone subbétique dans la province de Murcie (12 fig.)	11
Georges Dubois et Mme Camille Dubois. — Remarques sur le Quaternaire et les tourbières de la Montagne limousine de Millevaches (3 fig.).....	29
A. Philippot. — Trois nouvelles espèces de Graptolites du Gothlandien de Bretagne (3 fig.).....	37
Raoul Giret. — Contribution à l'étude pétrographique et tectonique de la bordure nord du massif de Mayenne (2 fig.).....	45
H. Parent. — Sur l'âge des premiers dépôts de l'Oolithe inférieure dans le Nord de la France (Boulonnais, Aisne, Ardennes).....	67
P. Lapadu-Hargues. — Le gisement de cuivre de Bonneterre (commune de Saint-Laurent-d'Olt, Aveyron) (Pl. I, 1, carte).....	75
Jean Roger. — Phylogénie des Céphalopodes Octopodes : <i>Palaeoctopus newboldi</i> (SOWERBY 1846) WOODWARD (Pl. II, 8 fig.).....	83
P. Fallot. — Tectonique hercynienne et Tectonique alpine.....	99
Pierre Lamare. — Observations sur la tectonique des Pyrénées Basques, à propos des travaux géologiques d'Eugène Fournier.....	103
P. Routhier. — Essais sur la chronologie des « roches vertes » mésozoïques des Alpes occidentales (3 fig.) [à suivre].....	117
G. Arambourg. — Au sujet de l' <i>Hippopotamus hipponensis</i> GAUDRY (Pl. III, 1 fig., 1 tabl.).....	147
A. Chavan. — Étude complémentaire de la faune de Dar-Bel-Hamri (2 fig.).....	155
A. Fabre. — Observations sur les terrains tertiaires du Bas-Adour.....	173
R. Abrard et A. Fabre. — Observations sur la Faune de Foraminifères de l'Éocène moyen du Bas-Adour.....	179
Jean Goguel. — La tectonique de fond dans la zone externe des Alpes (7 fig.).....	201
L. Barrabé. — Quelques observations sur le bassin fluvio-lacustre éocène du Minervois (3 fig.).....	219
S. Gillet. — La faune oligocène de Pêchelbronn (2 fig.).....	233
Geneviève Delpéy. — Histoire des Échinodermes jusqu'au Dévonien inférieur (17 fig.).....	247
Anne Faure-Muret. — L'anticlinal de Lanvaux (Bretagne méridionale) (pl. IV, 4 fig.).....	279
H. Alimen. — Roches gréseuses à ciment calcaire du Stampien. Étude pétrographique (Pl. V et VI).....	307
F. Firtion. — Spongilles et Chrysostomatacées d'un lignite de la formation cinéritique du Lac Chambon (Puy-de-Dôme) (Pl. VII et VIII, 1 fig.)....	331

E. Jérémie. — Observations pétrographiques sur la feuille de Pontivy...	347
J. Roger et A.-P. de Lapparent. — Une nouvelle espèce de Crustacé Décapode, <i>Palaeophoberus portlandicus</i> , découverte dans le Portlandien du Pays de Bray (6 fig.).....	365
L.-L. Feugueur. — Contribution à l'étude du niveau d'Hérouval (Cuisien).	375
B. Brajnikov. — Sur l'importance de la granulométrie pour l'étude quanti- tative des minéraux lourds dans un sédiment (4 fig.).....	381
H. Parent — Traces d'une émergence générale en France entre le Batho- nien moyen et le Bathonien supérieur.....	391
P. Marie. — Sur <i>Flabellina Lacostei</i> et <i>Flabellina coranica</i> , deux espèces nouvelles du Crétacé supérieur du Gharb (Maroc septentrional) (16 fig.).	395
A. Rivière. — Sur la granulométrie des sédiments (4 fig.).....	409
Commission de Comptabilité.....	439
Table des matières.....	443

DATES DE PUBLICATION

des fascicules qui composent ce volume.

Fascicules 1-3 (Feuilles 1-9, pl. I-II)	Juin 1945.
— 4-6 (— 10-19, pl. III-IV, 1 portrait)	Juillet 1945.
— 7-9 (— 20-29, pl. V-VIII)	Novembre 1945.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

du Bulletin et du Compte Rendu sommaire
des Séances de la Société Géologique de France
5^e série, tome XIV, année 1944

Les renvois aux pages du Bulletin sont en chiffres gras, les chiffres ordinaires maigres se rapportent aux pages du Compte Rendu sommaire.

A

- ABRARD (R.). Le substratum des alluvions anciennes de la Marne au Nord d'Esblly (Seine-et-Marne), 13. — Les alluvions de la rivière de Feux (Cher), 58.
- ABRARD (R.) et A. FABRE. Observations sur la faune de Foraminifères de l'Éocène moyen du Bas-Adour, 123, 179.
- Acanthotenthis (Belemnolenthis) syriaca*. J. ROGER, 11, 3.
- Aiguilles d'Arves*. R. BARBIER, 24.
- Ain. M. GIGNOUX, 73.
- Aisne. H. PARENT, 39, 67. — L. et J. MORELLET, 156.
- Albien. A. TEN DAM, 105.
- Algérie. A. BOUILLOT, 57.
- ALIMEN (H.). Roches gréseuses à ciment calcaire du Stampien. Étude pétrographique, 158, 307 (pl. V, VI, 5 fig.).
- Alleröd. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 46, 61.
- Allocutions. J. BOURCART, 4, 107. — P. LAMARE, 5, 149.
- Alluvions. R. ABRARD, 13, 58. — A. PAQUE, 22. — R. VAUFREY, 24.
- Alpes. J. GOGUEL, 138, 201.
- Alpes-maritimes. J. GOGUEL, 92. — A. LANQUINE, 134.
- Alpes occidentales. P. ROUTHIER, 92, 117.
- Analyse pollinique. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 14, 27, 29, 46, 61. — G. DUBOIS, M^{me} C. DUBOIS et F. FIRTON, 178.
- ANAMBOURG (C.). Au sujet de l'Hippo-

- pótamus hipponensis GAUDRY, 87, 147 (pl. III, 1 fig., 1 tableau).
- ARBENZ (P.). Nécrologie, 22, 111.
- Archaeomonadacées*. G. DEFLANDRE, 53.
- Ardèche. J. SOHNAY, 183.
- Ardennes. G. MATHIEU, 16. — H. PARENT, 39, 67.
- Argiles. A. RIVIÈRE, 121.
- Arnaudia*. C. DECHASEAUX, 130.
- ASTRE (G.). Bois silicifiés sur les coqueaux de la Seilhonne, 25.
- AUBERT (G.). Prés. d'ouvr., 31.
- Audignon. J.-J. BÜRGER et J. SCHOFFLER, 132.
- Aveyron. P. LAPADU-HARGUES, 41, 75, 147.

B

- Bajocien. P. MAUBEUGE, 163.
- BARBIER (R.). Complément à une note récente sur le Flysch des Aiguilles d'Arves, 24. — Découverte de Nummulitique dans la couverture du Massif du Grand Châtelard (Rocheray), près de Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie), 24. — Sur l'existence d'un « dôme » émergé au Lias inférieur dans le massif du Grand Châtelard (Rocheray) près de Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie), 38.
- BARRABÉ (L.). Quelques observations sur le Bassin fluvio-lacustre éocène du Minervois, 142, 219, (3 fig.).
- Bas-Adour. A. FABRE, 123, 173. — A. ABRARD et A. FABRE, 123, 179.
- Bas-Languedoc. B. GÈZE, 138.

- Bassin d'Aquitaine*. B. GÈZE, 11. — M^{me} RECH-FROLO, 69. — A. VATAN, 83.
- Bassin de Paris*. R. ABRARD, 13. — G. DEICHA, 32, 176. — P. JODOT, 34. — L. et J. MORELLET, 45. — B. BRAJNIKOV, 64. — P. GEORGE et A. RIVIÈRE, 95. — J. BOURCART et R. SOYER, 98. — L. L. FEUGUEUR, 158, 375. — L. GLANGEAUD, 185.
- Bathonien*. H. PARENT, 391.
- BAUDET (J.). Prés. d'ouv., 137.
- Béarn*. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 14.
- Beidellite-Nontronite*. A. RIVIÈRE, 121.
- BERGOUNIOUX (F.-M.). Prés. d'ouv., 28. — Stratigraphie des « Découvertes » de Decazeville, 103.
- BERINGER (C. Chr.). Prés. d'ouv., 137.
- BERTRAND (L.). Obs. à la comm. de M. A.-F. DE LAPPARENT, 56. — Prés. d'ouv., 161.
- BERTRAND (P.). Nécrologie, 41.
- Besançon*. A. BONTE, 165.
- BIGOT (A.). Prés. d'ouv., 68.
- Bois silicifiés*. G. ASTRE, 25.
- BOLELLI (E.). Observations sur la tectonique du contact Briovérien-Cambrien, du flanc nord des synclinaux au Sud de Rennes, 171.
- BONTE (A.). Sur la limite du Rauracien et du Séquanien aux environs de Besançon, 165.
- BONTE (A.) et P. MARIE. Nouvelles observations sur la structure du gisement de lignite du Grand Denis (Doubs), 144.
- BOUILLOT (A.). Sur la présence du Turonien au Djebel Ouenza (Algérie), 57.
- Boulonnais*. H. PARENT, 39, 67.
- BOURCART (J.). Allocutions, 4, 109. — Stratification ou « litage », 75. — Prés. d'ouv., 88, 162. — Un essai d'explication du paysage maritime du Léon, 90.
- BOURCART (J.) et R. SOYER. Sur la présence de fossiles marins dans le calcaire de Saint-Ouen (Bartonien), 98.
- BOURDIER (F.). Prés. d'ouv., 188.
- BRAJNIKOV (B.). Sur l'origine des grains de quartz dans les sables et les limons, 36. — Observations sur la pétrographie du Stampien de l'Ouest du Bassin de Paris, 64. — Sur l'importance de la granulométrie pour l'étude quantitative des minéraux lourds dans un sédiment, 187, 381 (4 fig.).
- Bresse. E. FRIEDEL, 123.
- Bretagne*. A. PHILIPPOT, 18, 37. — A. FAURE-MURET, 142, 279. — E. JÉRÉMINE, 160, 347. — E. BOLELLI, 171. — P. R. GIOT, 179.
- Briovérien*. P. R. GIOT, 179.
- BROUSSE (M.). Prés. d'ouv., 89.
- BUGE (E.). Prés. d'ouv., 162.
- BÜRGER (J.-J.) et J. SCHÖFFLER. Sur l'existence du Lutétien au contact de l'accident triasique de Thétieu (Landes), 44. — Sur une coupe de l'Éocène au flanc sud de l'anticlinal d'Audignon, 132.

C

- CAILLEUX (A.). Prés. d'ouv., 188.
- CALAS (P.). Prés. d'ouv., 162.
- Calcaire de Beauce*. P. GEORGE et A. RIVIÈRE, 95.
- Calcaire de Saint-Ouen*. J. BOURCART et R. SOYER, 98.
- Cambro-Silurien*. A. DEMAY, 93.
- Cantal*. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 46, 61. — J. ROUX, 48, 159. — G. DUBOIS, M^{me} C. DUBOIS et F. FIRTION, 178.
- Carstification*. M. GIGNOUX, 73.
- Causses*. B. GÈZE, 138.
- CAYEUX (L.). Nécrologie, 150.
- Céphalopodes*. J. ROGER, 11, 3, 55, 83.
- Cévennes*. A. DEMAY, 93, 121. — B. GÈZE, 119.
- CHAPUT (E.). Nécrologie, 109. — Notice nécrologique, 118.
- CHAPUT (M^{me} E.). Prés. d'ouv., 161.
- Charmentray*. L. et J. MORELLET, 45.
- CHAVAN (A.). Sur la portée d'un remarquable élargissement des côtes chez les Vénéricarides, 34. — Étude complémentaire de la faune de Darbel-Hamri, 123, 155 (2 fig.).
- Cher*. R. ABRARD, 58.
- Chrysostomatacées*. F. FIRTION, 160, 331.
- Commission de Compabilité*, 439.
- Cone-in-cone*. M. E. DENAEYER, 79.
- CORRÓY (G.). L'accident du Latay-Saint-Cassien dans le Massif de la Sainte-Baume, 18.
- Crétacé*. J. SORNAY, 183.
- Crustacés*. J. ROGER et A.-F. DE LAPPARENT, 169, 365.
- Cuisien*. L. L. FEUGUEUR, 158, 375.
- Cuivre*. P. LAPADU-HARGUES, 41, 75.
- Cypræidés*. F. DAGUIN, 145.

D

- DAGUIN (F.). Sur la présence de Cypræidés de grande taille dans les calcaires de Blaye (Gironde), 145.
- DAM (A. TEN). La stratigraphie et la microfaune du Tertiaire des Pays-

Bas, 81. — Les microfaunes de l'Albien des Pays-Bas comparées avec les faunes contemporaines du Nord-Ouest de l'Europe, 105. — Un coup d'œil sur la structure du Bassin éocène des Pays-Bas, 128.

DAM (A. TEN) et E. SCHIJFSMA. Note sur les genres de Foraminifères *Gyroldina* d'ORBIGNY et *Valoulineria* CUSHMAN, 143.

DANGEARD (L.). Appel en faveur de l'Université de Caen, 169.

Dar-bel-Hamri. A. CHAVAN, 123, 155.

DARBER I PERICAS (B.). Nécrologie; 91.

DECHASEAUX (C.). Observations sur le genre *Arnaudia* BAYLE, au sujet d'une note de M. Othmar KÜHN, 130.

Découvertes de Decazeville. F.-M. BERGOUNIOUX, 103.

DEFLANDRE (G.) Prés. d'ouvr., 40, 50. — Sur les Archæomonadacées. Action lithogénétique. Signification stratigraphique, 53.

DEFLANDRE-RIGAUD (M^{me} M.). Prés. d'ouvr., 40, 50.

DEHU (Dr). Nécrologie, 22, 111.

DEICHA (G.). Paléohydrologie de la nappe des sables supérieurs parisiens, 32. — La vitesse de sédimentation chimique salifère et les chiffres d'évaporation annuelle, 140. — L'Étoile du Houx en Forêt de Saint-Germain-en-Laye (S.-et-O.), 176.

DELÉPINE (G.). Prés. d'ouvr., 29.

DELPEY (G.). Histoire des Échinodermes, jusqu'au Dévonien inférieur, 247 (17 fig.).

DEMAÏ (A.). Sur l'attribution des gneiss de Montrambert et du granite de la Gampille à la nappe du Gier et sur l'extension probable, au début du Stéphanien, du granite de la Gampille dans la région de Saint-Chamond, 9. — Sur la série cambro-silurienne des Cévennes méridionales, au nord du Vigan, et particulièrement sur l'existence de schistes troués, probablement acadiens, 93. — Obs. à la comm. de M. GÈZE, 121.

DENAEYER (M.). Les marnes à structure cone-in-cone (« nagelkalk ») de la Lorraine, 79.

DENIZOT (G.). Prés. d'ouvr., 31.

Djebel-Ouensa. A. BOUILLOT, 57.

DUBOIS (G.). Un aspect du champ de fractures de Saverne, 169. — Prés. d'ouvr., 174.

DUBOIS (G.) et M^{me} C. DUBOIS. Sur des tourbes et sur l'histoire forestière

flandrienne du Béarn, 14. — Remarques sur le Quaternaire et les tourbières de la Montagne limousine de Millevaches, 27, 29 (3 fig.). — Tourbière à Ségur-les-Villas en Cantal, avec couches de base à phase forestière de type d'Alleröd, 46. — L'oscillation chaude d'Alleröd reconnue dans une deuxième tourbière du Cantal à Riom-ès-Montagne, 61. — Prés. d'ouvr., 174, 175.

DUBOIS (G.), M^{me} C. DUBOIS, F. FIRTION. Prés. d'ouvr., 174. — Sur la genèse et l'âge des sols montagnards tourbeux du Cantal, 178.

E

Émersion. H. PARENT, 391.

Éocène. R. ABRARD et A. FABRE, 123, 179. — A. TEN DAM, 128. — J.-J. BÜRGER et J. SCHOEFFLER, 132.

Espagne. P. FALLOT, 22, 11.

Étoile du Houx. G. DEICHA, 176.

F

FABRE (A.). Observations sur les terrains tertiaires du Bas-Adour, 123, 173. — Voir R. ABRARD, 123, 179.

FALLOT (P.). Observations sur la tectonique de la zone subbétique dans la province de Murcie, 22, 11 (12 fig.). — Tectonique hercynienne et tectonique alpine, 69, 99. — Prés. d'ouvr., 87, 166.

FAURE-MURET (A.). Sur l'anticlinal de Lanvaux, 142, 279 (pl. IV, 4 fig.).

FEUGUEUR (L.-L.). Contribution à l'étude du niveau d'Hérouval (Cuisien), 158, 375.

FIRTION (F.). Spongilles et Chrysostomatacées d'un lignite de la formation cinéritique du Lac Chambon (Puy-de-Dôme), 160, 331 (pl. VII, VIII, 1 fig.). — Prés. d'ouvr., 174. — Voir G. DUBOIS, 178.

Flabellina. P. MARIE, 178, 395.

Flysch. R. BARBIER, 24. — D. SCHNEEGANS, 41. — Y. GUBLER, 101.

Foraminifères, A. TEN DAM, 105. — R. ABRARD et A. FABRE, 123, 179. — A. TEN DAM et E. SCHIJFSMA, 143. — A. BONTE et P. MARIE, 144. P. MARIE, 395.

Fossiles pyriteux. E. OEHMICHEN, 65.

FRIEDEL (E.). Sur quelques sondages profonds du Jura et de la Bresse, 123.

FURON (R.). Prés. d'ouvr., 31, 90.

G

- Gastéropodes*. J. LETOURNEUR, 85.
 GEORGE (P.) et A. RIVIÈRE. Sur les faciès argilo-sableux de l'étage du calcaire de Beauce au Sud de Paris, 95.
 GÈZE (B.). Observations sur la tectonique de la bordure orientale de l'Aquitaine, 11. — Sur le style des déplacements tangentiels hercyniens dans la Montagne Noire et les Cévennes méridionales, 119. — Sur les manifestations volcaniques des Causses et du Bas-Languedoc, 138.
 GIGNOUX (M.). Phénomènes de carstification et d'injections naturelles d'argiles et de sables dans l'Urgonien des environs de Bellegarde (Ain), 73. — L'épaisseur des dépôts quaternaires dans la plaine de Grenoble, 77. — Prés. d'ouvr., 87, 160. — Rapport sur l'attribution du Prix Viquesnel à M. A.-F. DE LAPPARENT, 114.
 GILLARD (P. A.). — Prés. d'ouvr., 175.
 GILLET (S.). La faune oligocène de Pechelbronn, 143, 233 (2 fig.)
 GIOT (P. R.). Sur le Briovérien au Sud des Montagnes Noires (Finistère et Morbihan), 179.
 GIRET (R.). Contribution à l'étude pétrographique et tectonique de la bordure nord du massif de Mayenne, 34, 45 (2 fig.).
Gironde. F. DAGUIN, 145.
Glaciers. J. ROUX, 159.
 GLANGEAUD (L.). Prés. d'ouvr., 174. — Remarques préliminaires sur les subdivisions et les faciès du Lqsitanien dans le Nord-Est du Bassin de Paris et le Jura septentrional, 185.
 GLORY (A.). Prés. d'ouvr., 28.
 GOGUEL (J.). Obs. à la comm. de M. J. A. BOURCART, 76. — A propos de la tectonique des Alpes-Maritimes, 92. — La tectonique de fond dans la zone externe des Alpes, 138, 201 (7 fig.). — Prés. d'ouvr., 167.
 GOURC (J.). — Prés. d'ouvr., 188.
Grand Châtelard (Massif du). R. BARBIER, 24, 38.
Granulométrie. B. BRAJNIKOV, 36, 187, 384. — A. RIVIÈRE, 409.
Graptolites. A. PHILIPPOT, 18, 37.
Grenoble. M. GIGNOUX, 77.
 GUBLER (Y.). Les caractères bathymétriques du flysch crétacé supérieur au sud de Pau, 101.
 GUILLAUME (L.). Résultats stratigraphiques de sondages récents dans le

Jura, 125.

Gyroidina. A. TEN DAM et E. SCHIJFSMA, 143.

H

- HARTOPP (M^{lle} M.). Prés. d'ouvr., 174.
Haute-Savoie. R. PERRIN et M. ROUBAULT, 125.
 HÉE (A.). Prés. d'ouvr., 175.
Hippopotamus hipponensis. C. ARAMBOURG, 87, 147.

I

- IMBEAUX (E.). Nécrologie, 110.
Italie. H. SCHOEELLER, 181.

J

- JACOB (Ch.). Notice nécrologique d'Ernest CHAPUT, 118. Notices nécrologiques de L. MRAZEC, 154 et J. PFENDER, 155.
 JÉRÉMINE (E.). Observations pétrographiques sur la feuille de Pontivy, 160, 347.
 JODOT (P.). Obs. à la comm. de M. G. DEICHA, 34. — Prés. d'ouvr., 167.
Jura. E. FRIEDEL, 123. — L. GLANGEAUD, 185.

K

- Kaolinite*. A. RIVIÈRE, 99.

L

- LACROIX (M^{me} A.). Nécrologie, 150.
Lacs. J. ROUX, 48.
 LAMARE (P.). Allocutions, 5, 149. — Observations sur la tectonique des Pyrénées basques à propos des travaux géologiques d'Eugène FOURNIER, 69, 103.
Landes. J.-J. BÜRGER et J. SCHOEFFLER, 44.
 LANQUINE (A.). A propos des Chainons et Hauts Plateaux provençaux du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes, 134.
Lanvaux (anticlinal de). A. FAURE-MURET, 142, 279.
 LAPADU-HARGUES (P.). Le gisement de cuivre de Bonneterre (Aveyron), 41, 75 (pl. I, 1 carte). — Quelques précisions sur l'âge exact de différents lambeaux liasiques de la vallée du Lot en amont d'Espalion (Aveyron), 147.

LAPPARENT (A.-F. de). Observations sur la Montagne d'Alaric (Aude), 55. — Remerciements pour le Prix Viquésnel, 118. — Prés. d'ouvr., 161. — Voir J. ROGER, 169, 365.

LAVAL (R.). Prés. d'ouvr., 89.

LECOINTRE (G.). Prés. d'ouvr., 162, 175.

LEFEBVRE (G.). Prés. d'ouvr., 162.

LEJEAILLE (G.). Prés. d'ouvr., 31.

LE MAÎTRE (D.). Prés. d'ouvr., 31.

LETOURNEUR (J.). Sur quelques faunes de Gastéropodes des terrasses d'oueds sahariens, 85.

Lias. P. LAPADU-HARGUES, 147.

Lignite du Grand-Denis. A. BONTE et P. MARIE, 144.

Litage. J. BOURCART, 75. — J. GOGUEL, 76.

Lorraine. M.-E. DENAEYER, 79.

Lusitanien. L. GLANGEAUD, 185.

Lutétien. J.-J. BÜRGER et J. SCHOEFFLER, 44.

M

MAÏKOVSKY (V.). Prés. d'ouvr., 175.

MARGERIE (E. de). Prés. d'ouvr., 67.

MARIE (P.). Voir A. BONTE, 144. — Sur *Flabellina Lacostei* et *Flabellina coranica*, deux espèces nouvelles du Crétacé supérieur du Gharb (Maroc septentrional), 178, 395 (16 fig.).

Marne. R. ABRARD, 13.

Maroc. P. MARIE, 178, 395.

MATHIEU (Gilbert). Sur l'existence d'une faille Nord-Sud entre Charleville et Etion, affectant le contact Massif Ardennais-Lias, 16.

MAUBEUGE (P.). Géologie du Bassin de Clairlieu et de ses abords, 59. — Sur quelques niveaux à plantes continentales du Jurassique lorrain et leur interprétation paléogéographique, 90. — Sur deux particularités stratigraphiques du Bajocien moyen du Sud-Est du plateau de Haye, 163.

Mayenne. R. GIRET, 34, 45.

Meurthe-et-Moselle. P. MAUBEUGE, 59, 163.

Meuse. A. PAQUE, 22. — R. VAUFREY, 24.

Millevaches (Plateau de) G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 27, 29.

Minéraux lourds. B. BRAJNIKOV, 187, 381.

Minervois. L. BARRABÉ, 142, 219.

Montagne d'Alaric. A.-F. de LAPPARENT, 55. — L. BERTRAND, 56.

Montagne Noire. B. GÈZE, 119.

MORILLET (L. et J.). Remarques sur le sondage de Charmentray (S.-et-M.), 45. — L'âge du Tuffeau de Mont-Notre-Dame (Aisne), 156. — Prés. d'ouvr., 161.

MORET (L.). Prés. d'ouvr., 160.

MRAZEC (L.). Notice nécrologique, 151.

MUNIER (P.). Prés. d'ouvr., 167.

Murcie. P. FALLOT, 22, 41.

N

Nappe du Gier. A. DEMAY, 9.

Nécrologie. P. ARBENZ, X. STAINIER, DEHU, 22. — P. BERTRAND, F. SCHMIDT, 41. — A. DEL VALLE DE LERSUNDI, 52. — B. DARDER I PERICAS, 91. — E. CHAPUT, 109. — F. ROMAN, E. IMBEAUX, 110. — X. STAINIER, P. ARBENZ, L. VANDERNOTTE, DEHU, 111. — E. CHAPUT, 118. — L. MRAZEC, J. PFENDER, 150, 154, 155. — L. CAYEUX, M^{me} A. LACROIX, 150.

NICOLAS (J.-P.). Prés. d'ouvr., 162.

Nummulitique. R. BARBIER, 24.

O

OEHNICHEN (E.). Traitement d'anti-oxydation des fossiles pyriteux, 65.

Oligocène. S. GILLET, 143, 233.

Oolithe. H. PARENT, 39, 67.

Orgues basaltiques. J. ROMANOVSKY, 134.

P

Palaeoctopus newboldi. J. ROGER, 55, 83.

Palaeophoberus portlandicus. J. ROGER et A.-F. de LAPPARENT, 169, 365.

Paléohydrologie. G. DEICHA, 32.

PAQUE (A.). Nouvelles observations sur les alluvions anciennes du plateau de Vassincourt (Meuse), 22.

PARENT (H.). Sur l'âge des premiers dépôts de l'Oolithe inférieure dans le Nord de la France (Boulonnais, Aisne, Ardennes), 39, 67. — Traces d'une émergence générale en France entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur, 391.

Pays-Bas. A. TEN DAM, 81, 105, 128.

Pays de Bray. J. ROGER et A.-F. de LAPPARENT, 169, 365.

Péchelbronn. S. GILLET, 143, 233.

PERRET (R.). Prés. d'ouvr., 162.

PERRIN (R.) et M. ROUBAULT. Nouvelles observations sur la carrière de Feug (Haute-Savoie), 125.
Petites Pyrénées. D. SCHNEEGANS, 41.
Pétrographie. R. GIRET, 34, 45. — A. ALIMEN, 158, 307. — E. JÉRÉMINE, 160, 347.
 PFENDER (J.). Notice nécrologique, 155.
 PHILIPPOT (A.). Trois nouvelles espèces de Graptolites du Gothlandien de Bretagne, 48, 37 (3 fig.).
Pontivy. E. JÉRÉMINE, 160, 347.
Pouilles. H. SCHOELLER, 181.
Prix Viquesnel. A.-F. DE LAPPARENT, 114.
Puy-de-Dôme. F. FIRTION, 160, 331.
Pyrénées. E. RAGUIN, 63. — P. LAMARE, 69., 103. — Y. GUBLER, 101.

Q

Quartz. B. BRAJNIKOV, 36.
Quaternaire. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS, 27, 29. — M. GIGNOUX, 77.

R

RAGUIN (E.). Sur les intercalations calcaires du Silurien des Pyrénées, 63.
Rauracien. A. BONTE, 165.
 RECH-FROLLO (M^{me}). Variations pétrographiques dans le Stampien lacustre de l'Aquitaine. Calcaire rose de Cieurac (Lot), 69.
 RIVIÈRE (A.). Sur la granulométrie des sédiments, 409 (4 fig.). — Voir P. GEORGE, 95. Sur les spectres de poudre des minéraux du groupe kaolinique, 99. — Sur la présence d'argiles du groupe beidellite-nontronite dans des vases littorales, 121. — Prés. d'ouvr., 167.
 ROBAUX (A.). Prés. d'ouvr., 166.
Roches gréseuses. H. ALIMEN, 158, 307.
Roches vertes. P. ROUTHIER, 92, 117.
 ROGER (J.). *Acanthoteuthis* (*Belemnoteuthis*) *syriaca* n. sp., Céphalopode Dibranche du Crétacé supérieur de Syrie, 11, 3 (3 fig.). — Phylogénie des Céphalopodes Octopodes : *Palaeoctopus newboldi* (SOWERBY, 1846). — WOODWARD, 55, 83 (pl. II, 8 fig.). — Prés. d'ouvr., 162.
 ROGER (J.) et A.-F. DE LAPPARENT. Une nouvelle espèce de Crustacé Décapode, *Palaeophoberas portlandicus*, découverte dans le Portlandien du Pays de Bray, 169, 365 (6 fig.).

ROMAN (F.). Nécrologie, 110.
 ROMANOVSKY (V.). Essai d'explication de la genèse des orgues basaltiques, 134.
 ROTHÉ (E.). Prés. d'ouvr., 30.
 ROUBAULT (M.). Voir R. PERRIN, 125.
 ROUTHIER (P.). Essai sur la chronologie des « Roches vertes » des Alpes occidentales, 92, 117 (3 fig.).
 ROUX (J.). Essais sur les lacs posthumes de la Vallée de la Véronne (environs de Riom-ès-Montagnes, Cantal), 48. — Communauté des anciens glaciers de la Rhue et de la Véronne, 159.
Rudistes. C. DECHASEAUX, 130.
 RUSSO (P.). Prés. d'ouvr., 89.

S

Sables. G. DEICHA, 32. — P. JODOT, 34.
Sahara. J. LETOURNEUR, 85.
Saint-Germain-en-Laye. G. DEICHA, 176.
Sainte-Baume (*Massif de la*). G. CORROY, 18.
Saverne. G. DUBOIS, 169.
Savoie. R. BARBIER, 24, 38.
 SCHIJFSMA (E.). Voir A. TEN DAM, 143.
Schistes. A. DEMAY, 93.
 SCHMIDT (F.). Nécrologie, 41.
 SCHNEEGANS (D.). Évolution des faciès du Flysch néocrétacé sous les Petites Pyrénées de la Haute-Garonne, 41.
 SCHOEFFLER (J.). Voir J.-J. BÜRGER, 44, 132.
 SCHOELLER (H.). Sur la croûte calcaire dans les Pouilles (Italie), 181.
Sédimentation chimique salifère. G. DEICHA, 140.
Sédiments. A. VATAN, 83. — A. RIVIÈRE, 409.
Seilhonne. G. ASTRE, 25.
Séquanien. A. BONTE, 165.
Silurien. E. RAGUIN, 63.
Sondages. E. FRIEDEL, 123.
 SORNAY (J.). Remarques sur la transgression du Crétacé moyen en Ardèche, 183.
 SOYER (R.). Voir J. BOURCART, 98.
Spongilles. F. FIRTION, 160, 331.
 STAINIER (X.). Nécrologie, 22, 111. — Prés. d'ouvr., 162.
Stampien. B. BRAJNIKOV, 64. — M^{me} RECH-FROLLO, 69. — H. ALIMEN, 158, 307.
Stéphanien. A. DEMAY, 9.
Stratification. J. BOURCART, 75. — J. GOGUEL, 76.
Syrie. J. ROGER, 11, 3.

T

- Tectonique*. A. DEMAY, 9, 121. —
 B. GÈZE, 11, 119. — G. MATHIEU, 16. —
 P. FALLOT, 22, 41, 69, 99. — R. GIRET,
 34, 45. — P. LAMARE, 69, 103. —
 J. GOGUEL, 92, 138, 204. — G. DUBOIS,
 169. — E. BOLELLI, 171.
Tertiaire. A. TEN DAM, 81. — A. FABRE,
 123, 173.
Tourbes. G. DUBOIS et M^{me} C. DUBOIS,
 14, 27, 29, 46, 61.
Tuffeau de Mont-Notre-Dame. L. et
 J. MORELLET, 156.
Turonien. A. BOUILLLOT, 57.

U

- URBAIN (P.). Sur les caractères des
 roches argileuses du Calvados, 142.
 — Sur les formations lacustres plio-
 cènes du bassin de Bédarieux, 163.
Urgonien. M. GIGNOUX, 73.

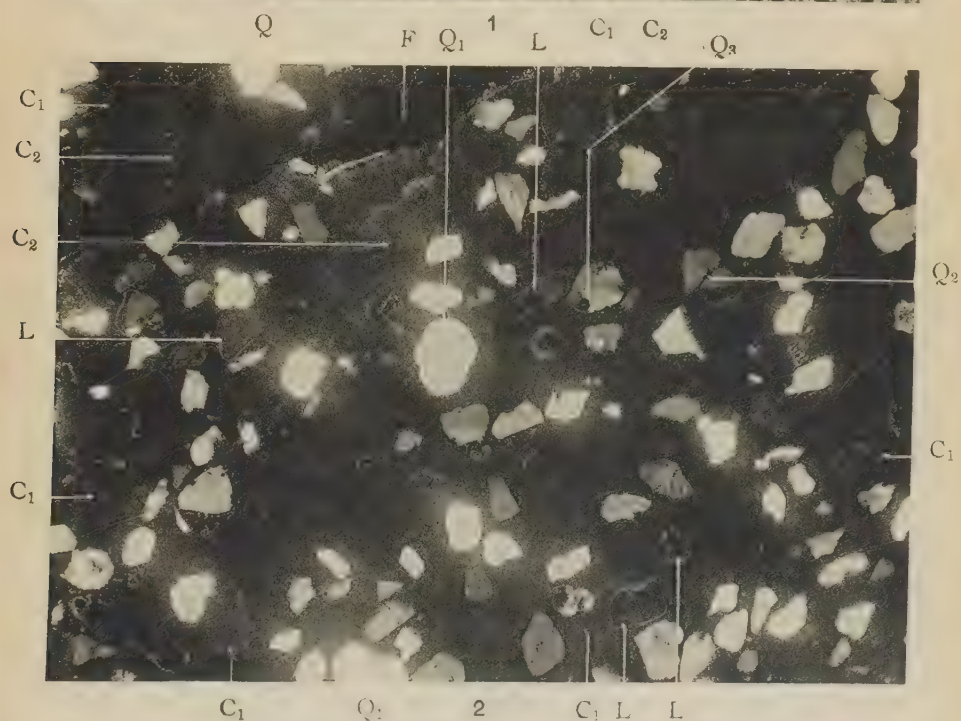
V

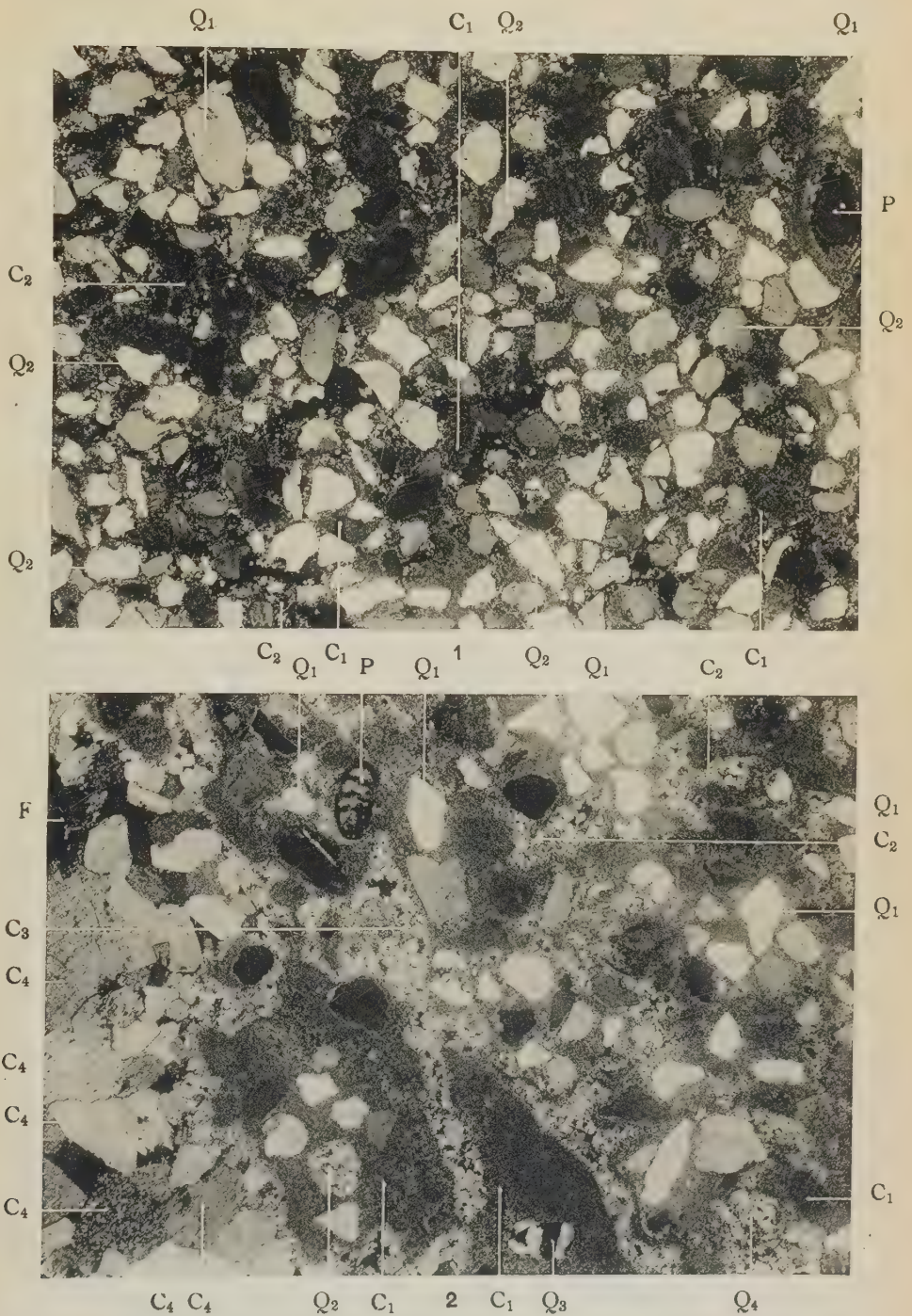
- VALLE DE LERSUNDI (A. DEL). Nécrologie,
 52.
Valvulineria. A. TEN DAM et F. SCHJ-
 FSMA, 143.
 VANDERNOTTE (L.). Nécrologie, 111.
 VAN STRAELEN (V.). Prés. d'ouvr., 176.
 VATAN (A.). Premiers résultats d'une
 étude de l'origine du matériel sédi-
 mentaire du Bassin aquitain, 83.
 VAUFREY (R.). Obs. à la comm. de M.
 A. PAQUE, 24.
Vénéricardes. A. CHAVAN, 34.
 VIRET (J.). Prés. d'ouvr., 89.
Volcanisme. B. GÈZE, 138.

W

- WALTER (E.). Prés. d'ouvr., 175.

La gérante de la Soc. géol. : M^{me} L. MÉMIN.



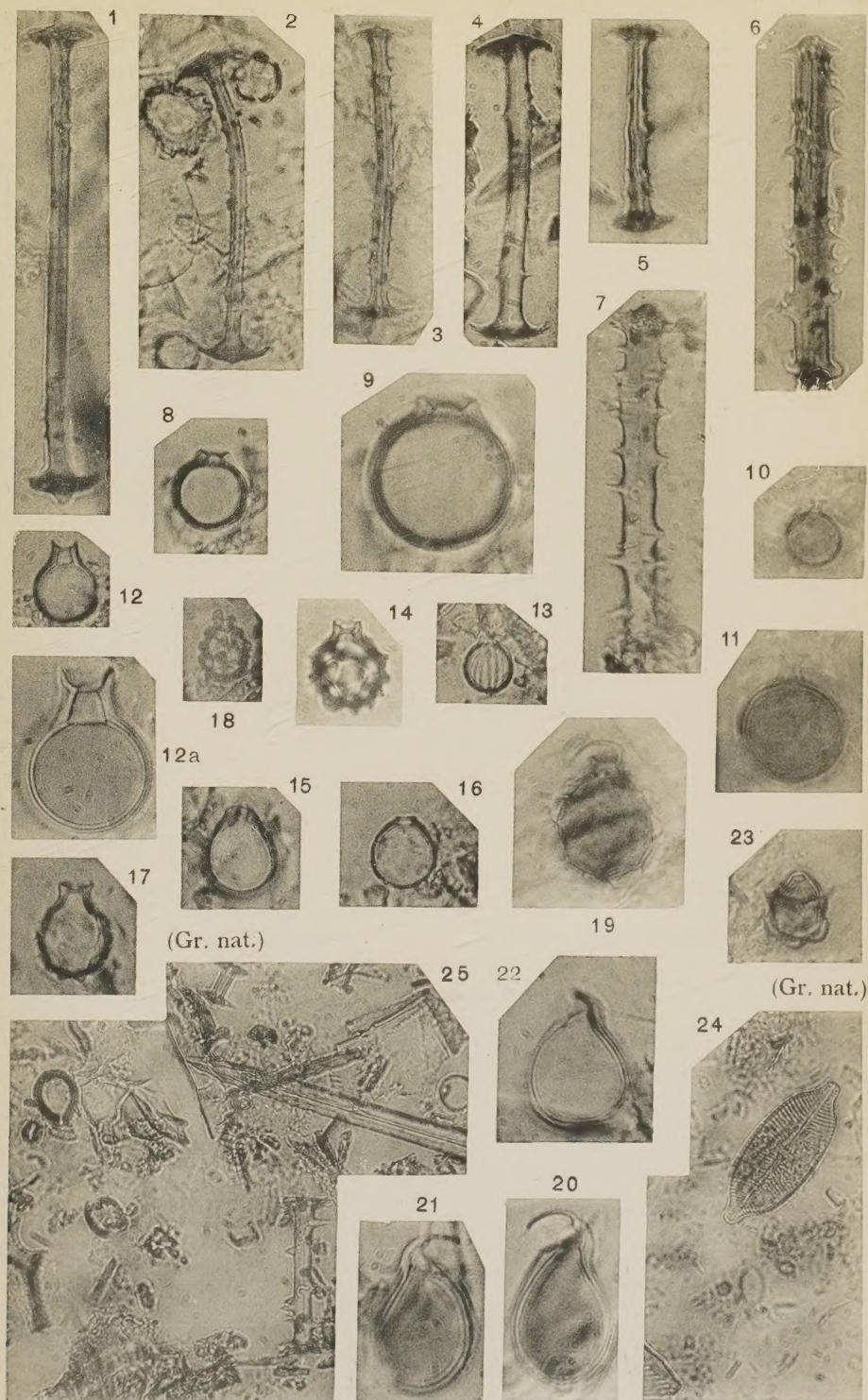




Phot. F. Firtion et A. Huber.

Spongilles du lignite de Chambon.

gross. : $\times 650$



Phot. F. Firton et A. Huber.

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Spongilles et Chrysostomatacées du lignite de Chambon.

Fig. 9, 11, 12a, 19, 20, 21, 22, gross. : $\times 1300$, les autres gross. : $\times 650$.

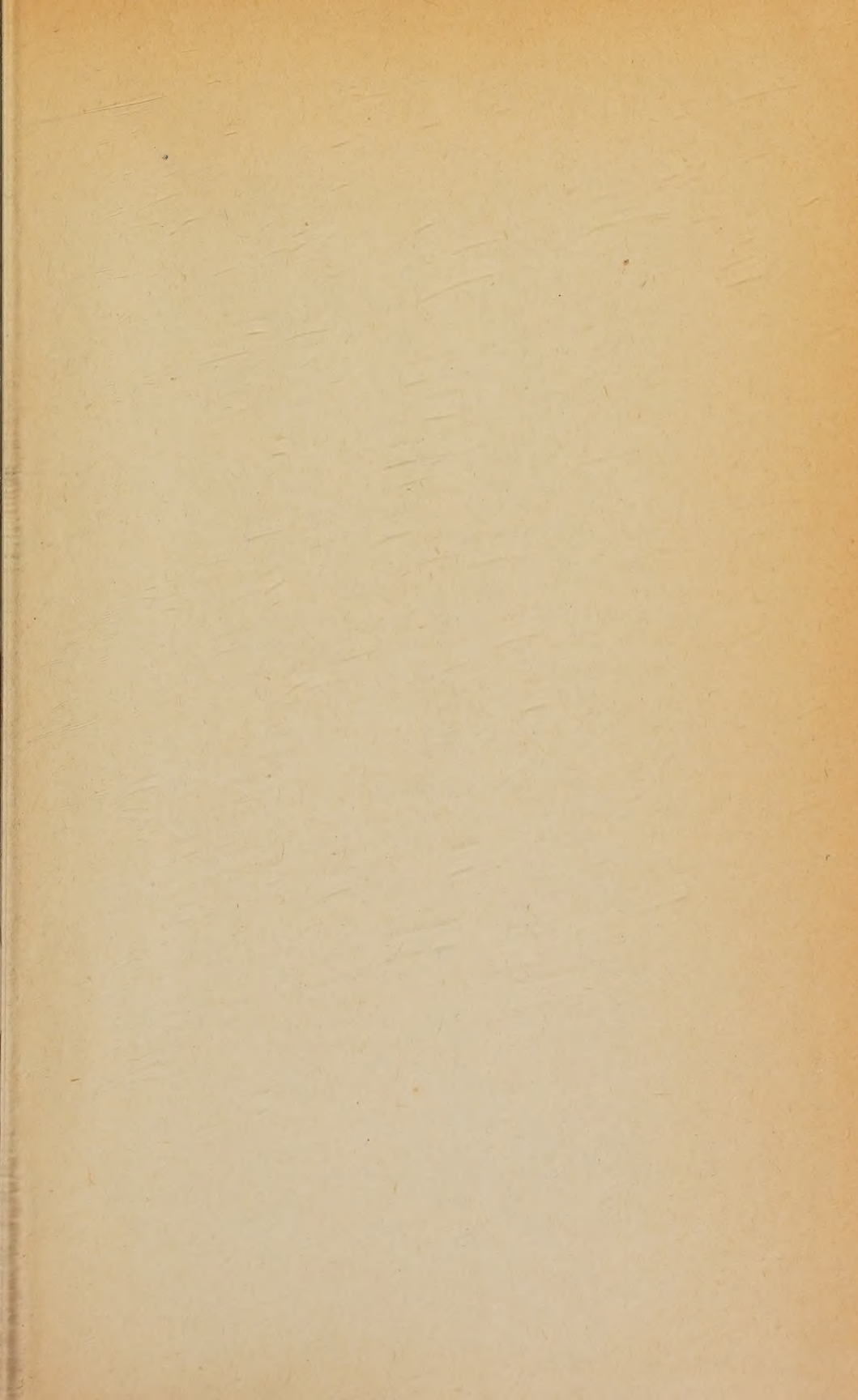


TABLE DES MATIÈRES (TOME XIV, FASCICULE 7-8-9)

<i>Anne Faure-Muret.</i> — L'anticlinal de Lanvaux (Bretagne méridionale) (suite et fin).....	305
<i>H. Alimen.</i> — Roches gréseuses à ciment calcaire du Stampien. Étude pétrographique (Pl. V et VI).....	307
<i>F. Firtion.</i> — Spongilles et Chrysostomatacées d'un lignite de la formation cinéritique du Lac Chambon (Puy-de-Dôme) (Pl. VII et VIII, 1 fig.)....	331
<i>E. Jérémiane.</i> — Observations pétrographiques sur la feuille de Pontivy...	347
<i>J. Roger et A.-F. de Lapparent.</i> — Une nouvelle espèce de Crustacé Décapode, <i>Palaeophoberus portlandicus</i> , découverte dans le Portlandien du Pays de Bray (6 fig.).....	365
<i>L.-L. Feugueur.</i> — Contribution à l'étude du niveau d'Hérouval (Cuisien).	375
<i>B. Brajnikov.</i> — Sur l'importance de la granulométrie pour l'étude quantitative des minéraux lourds dans un sédiment (4 fig.).....	381
<i>H. Parent.</i> — Traces d'une émigration générale en France entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur.....	391
<i>P. Marie.</i> — Sur <i>Flabellina Lacostei</i> et <i>Flabellina coranica</i> , deux espèces nouvelles du Crétacé supérieur du Gharb (Maroc septentrional) (16 fig.).	395
<i>A. Rivière.</i> — Sur la granulométrie des sédiments (4 fig.).....	409
Commission de Comptabilité.....	439
Table des matières.....	443

Liste des Membres.

Les membres de la Société qui ont des modifications à apporter à la mention qui les concerne sont priés de bien vouloir en aviser le Secrétariat au plus tôt.

La gérante de la Soc. Géol. : M^{me} L. MÉMIN.